



АССОЦИАЦИЯ
НЕЙРОХИРУРГОВ
РОССИИ

ISSN 2587-7569 (Online)
ISSN 1683-3295 (Print)

НЕЙРОХИРУРГИЯ

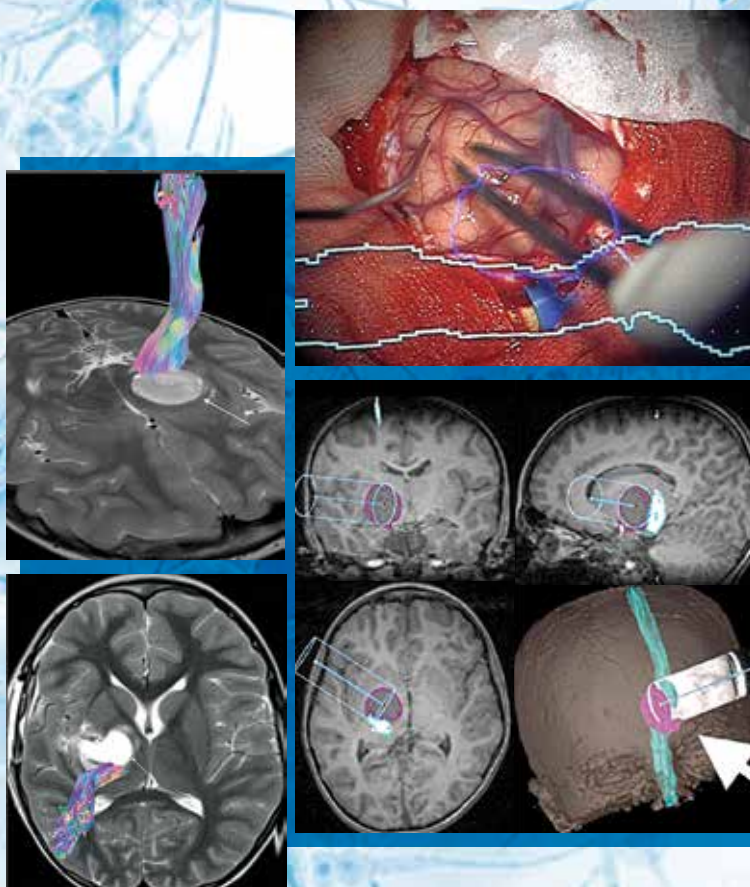
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

RUSSIAN JOURNAL OF NEUROSURGERY

Эндоваскулярный метод
лечения пациентов
с дистальными аневризмами
мозжечковых артерий

Интраоперационный
нейрофизиологический
мониторинг у пациентов
с отсроченной
церебральной ишемией
после клипирования
разорвавшихся артериальных
аневризм

Хирургическое лечение
низкозлокачественных глиом
функционально значимых
зон головного мозга у детей



2

VOL 26
TOM 26

2024

NEURO

ИЗДАНИЕ АССОЦИАЦИИ НЕЙРОХИРУРГОВ РОССИИ

Журнал «Нейрохирургия» входит в перечень ведущих рецензируемых научных периодических изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал включен в Научную электронную библиотеку и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), имеет импакт-фактор, зарегистрирован в базе данных Scopus, зарегистрирован в Web of Science Core Collection, Emerging Sources Citation Index (ESCI), CrossRef, статьи индексируются с помощью идентификатора цифрового объекта (DOI).



RUSSIAN JOURNAL OF NEUROSURGERY

НЕЙРОХИРУРГИЯ

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Цель издания – информировать специалистов о достижениях в области нейрохирургии, способствовать повышению эффективности лечения пациентов с заболеваниями головного и спинного мозга.

Основные задачи журнала – освещение на страницах журнала новых методов нейрохирургии, неврологии, лучевой и функциональной диагностики, повышение уровня профессиональной компетентности врачей-нейрохирургов, предоставление авторам возможности опубликовать результаты собственных исследований. Помимо этого в задачи журнала входит анонсирование российских и международных научно-практических конференций по нейрохирургии, нейрореаниматологии, мастер-классов и других образовательных мероприятий, а также новых руководств и монографий.

В журнале публикуются результаты экспериментальных и клинических исследований, обзоры литературы, клинические рекомендации, описания редких клинических случаев, анонсы грядущих конференций и образовательных циклов, а также исторические очерки о нейрохирургии и выдающихся представителях специальности.

О С Н О В А Н В 1 9 9 8 Г .

Учредитель: В.В. Крылов

Издатель: ООО «ИД «АБВ-пресс»
115478 Москва,
Каширское шоссе, 24, стр. 15

Адрес редакции: 115478, Москва,
Каширское шоссе, 24,
стр. 15, НИИ канцерогенеза, 3-й этаж.
Тел./факс: +7 (499) 929-96-19
e-mail: abv@abvpress.ru, www.abvpress.ru

Статьи направлять по адресу:
129010, Москва, Большая
Сухареvская пл., 3, стр. 21,
ГБУЗ «Научно-исследовательский
институт скорой помощи
им. Н.В. Склифосовского Департамента

здравоохранения г. Москвы»
(тел.: +7 (495) 680-95-73,
+7 (926) 187-48-75)
или через личный кабинет на сайте
<https://www.therjn.com>

Редактор Е.М. Печерская
Корректор Е.С. Самойлова
Дизайн Е.В. Степанова
Верстка О.В. Гончарук

Служба подписки и распространения
И.В. Шургаева, +7 (499) 929-96-19,
base@abvpress.ru

Руководитель проекта
Н.А. Ковалева +7 (499) 929-96-19,
n.kovaleva@abvpress.ru

*Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций,
ПИ № 77-7205 от 31 января 2001 г.*

**При полной или частичной
перепечатке материалов ссылка
на журнал «Нейрохирургия»
обязательна.**

**Редакция не несет ответственности
за содержание публикуемых
рекламных материалов.**

**В статьях представлена точка
зрения авторов, которая может
не совпадать с мнением редакции.**

2 **ТОМ 26**
'24

ISSN 2587-7569 (Online)

ISSN 1683-3295 (Print)

Нейрохирургия. 2024. Том 26.
№ 2. 1–158.

© Оформление, верстка.

ООО «ИД «АБВ-пресс», 2024.

Подписной индекс в каталоге
«Пресса России» – 39895.

Отпечатано в типографии
ООО «Медиакоп» 127273,
Москва, Сигнальный пр-д, 19.

Тираж 2000 экз. Бесплатно.

<http://www.therjn.com/jour/index>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Крылов Владимир Викторович, академик РАН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Гринь Андрей Анатольевич, чл.-корр. РАН, д.м.н., заслуженный врач РФ (Москва, Россия)

Евзиков Григорий Юльевич, д.м.н. (Москва, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Кордонский Антон Юрьевич, к.м.н. (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Гизатуллин Шамиль Хамбалович, д.м.н. (Москва, Россия)

Григорьев Андрей Юрьевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Гуша Артем Олегович, профессор РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Дашьян Владимир Григорьевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Дмитриев Александр Юрьевич, к.м.н. (Москва, Россия)

Древал Олег Николаевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

Кондаков Евгений Николаевич, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия)

Коновалов Николай Александрович, чл.-корр. РАН, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

Кравец Леонид Яковлевич, д.м.н., профессор (Нижний Новгород, Россия)

Лазарев Валерий Александрович, д.м.н. (Москва, Россия)

Левченко Олег Валерьевич, профессор РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Лихтерман Леонид Болеславович, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

Лукьянчиков Виктор Александрович, д.м.н. (Москва, Россия)

Петриков Сергей Сергеевич, чл.-корр. РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Полунина Наталья Алексеевна, к.м.н. (Москва, Россия)

Сенько Илья Владимирович, д.м.н. (Москва, Россия)

Солодов Александр Анатольевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Тальпов Александр Эрнестович, д.м.н. (Москва, Россия)

Тиссен Теодор Петрович, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ (Москва, Россия)

Усачев Дмитрий Юрьевич, академик РАН, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

Элиава Шалва Шалвович, чл.-корр. РАН, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Балязин Виктор Александрович, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ (Ростов-на-Дону, Россия)

Гуляев Дмитрий Александрович, д.м.н. (Санкт-Петербург, Россия)

Коновалов Александр Николаевич, академик РАН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

Кривошапкин Алексей Леонидович, чл.-корр. РАН, д.м.н., профессор (Новосибирск, Россия)

Мануковский Вадим Анатольевич, д.м.н., заслуженный врач РФ (Санкт-Петербург, Россия)

Музлаев Герасим Григорьевич, д.м.н., профессор (Краснодар, Россия)

Парфенов Валерий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ (Санкт-Петербург, Россия)

Рзаев Джамиль Афетович, д.м.н. (Новосибирск, Россия)

Савелло Александр Викторович, д.м.н. (Санкт-Петербург, Россия)

Свистов Дмитрий Владимирович, к.м.н., доцент (Санкт-Петербург, Россия)

Черобилло Владислав Юрьевич, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ (Санкт-Петербург, Россия)

Шулёв Юрий Алексеевич, д.м.н., заслуженный врач РФ (Санкт-Петербург, Россия)

Akshulakov, Serik Kuandikovich, д.м.н., профессор (Астана, Республика Казахстан)

Fanarjyan, Ruben Viktorovich, д.м.н., профессор, почетный профессор Армянского отделения РАЕН (Ереван, Республика Армения)

Hu, Shaoshan, профессор (КНР)

Rasulic, Lukas, профессор (Сербия)

Servadei, Franco, профессор (Италия)

Slavin, Konstantin, доктор медицины, профессор (США)

Spallone, Aldo, доктор медицины, профессор (Италия)

Tu, Yong-Kwang, профессор (Тайвань)

Zelman, Vladimir, профессор (США)

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНАЯ РАБОТА

- Е.Г. Коломин, С.А. Горощенко, В.В. Бобинов, А.Е. Петров, Л.В. Рожченко, К.А. Самочерных*
Эндоваскулярный метод лечения пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий15
- Н.А. Бобряков, С.И. Петров, Э.В. Серeda, А.Г. Москалев, А.А. Пономарев, И.Ю. Казанков, Е.Ю. Седова, Е.Н. Максимова*
Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг у пациентов с отсроченной церебральной ишемией после клипирования разорвавшихся артериальных аневризм26
- К.А. Чижова, Д.А. Гуляев, И.И. Корепанов, И.Ю. Белов, И.А. Курносов, В.Ю. Чиркин, К.А. Сулин, И.В. Чистова, И.В. Яковенко*
Результаты хирургического лечения больных с опухолями глиального ряда с эпилептическими приступами . . .37
- С.А. Маряшев, Р.Э. Ишкинин, Н.С. Грачев, В.Ю. Жуков, Д.И. Пицхелаури*
Методы хирургического лечения и профилактики развития изолированного височного рога после удаления опухолей треугольника бокового желудочка44
- С.В. Чернов, С.Э. Красильников, Д.А. Рзаев, А.В. Калиновский, А.В. Зотов, А.Р. Касымов, Е.В. Гормольсова, Е.К. Ужакова, М.К. Антаев*
Преимущественная локализация и пути метастазирования в головной мозг злокачественных образований женской репродуктивной системы.54

НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

- Д.В. Низолин, А.В. Ким, Ю.А. Зуева, О.О. Шмелева, Н.Е. Маслов, А.Ю. Ефимцев, Э.Т. Назаралиева, К.А. Самочерных*
Хирургическое лечение низкоккачественных глиом функционально значимых зон головного мозга у детей: обзор литературы и клинические наблюдения61
- О.Ю. Богданова, А.Ю. Григорьев, В.Г. Пильников, Э.А. Меликов*
Первичный абсцесс турецкого седла одонтогенной природы (наблюдение из практики)70
- Н.А. Заячковский, А.А. Пальцев, М.М. Тастанбеков, О.А. Ли*
Хирургическое лечение гемангиобластомы мозжечка во время беременности: клиническое наблюдение и обзор литературы76

ЛЕКЦИЯ

- М.В. Лебенштейн-Гумовски, А.А. Гринь*
Может ли полное иссечение травмированного участка спинного мозга приводить к положительным результатам?82
- А.О. Гуца, А.Р. Юсупова, Р.А. Картавых*
Острая боль в спине: клиническая и рентгенологическая диагностика. Рекомендации спинального комитета WFNS91

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

- А.А. Гринь, А.Э. Талыпов, А.Ю. Кордонский, З.А. Барбакадзе*
Сравнительный метаанализ имплант-ассоциированных осложнений и частоты спондилодеза при методе Goel–Hagms и задней трансартикулярной фиксации C₁–C₂ по методу F. Magerl.100
- С.А. Прозоров, В.Н. Шиповский*
Окклюзия всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга112

ЮБИЛЕЙ

В.В. Шалин

**Семен Иванович Шумаков (1913–1995) — основатель нейрохирургической службы
Пензенской области (к 110-летию со дня рождения)122**

ORIGINAL REPORT

E.G. Kolomin, S.A. Goroshchenko, V.V. Bobinov, A.E. Petrov, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh

Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries127

*N.A. Bobriakov, S.I. Petrov, E.V. Sereda, A.G. Moskalev, A.A. Ponomarev, I.Yu. Kazankov,
E.Yu. Sedova, E.N. Maksimova*

**Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia
after clipping of ruptured arterial aneurysms136**

S.A. Maryashev, R.E. Ishkinin, N.S. Grachev, V.Yu. Zhukov, D.I. Pitskhelauri

**Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection
of trigone ventricular tumors144**

CASE FROM PRACTICE

*D.V. Nizolin, A.V. Kim, Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva, N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev,
E.T. Nazaralieva, K.A. Samochernykh*

**Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child:
a literature review and clinical cases152**

CONTENTS

ORIGINAL REPORT

- E.G. Kolomin, S.A. Goroshchenko, V.V. Bobinov, A.E. Petrov, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh*
Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries15
- N.A. Bobriakov, S.I. Petrov, E.V. Sereda, A.G. Moskalev, A.A. Ponomarev, I. Yu. Kazankov, E. Yu. Sedova, E.N. Maksimova*
Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms26
- K.A. Chizhova, D.A. Gulyaev, I.I. Korepanov, I. Yu. Belov, I.A. Kurnosov, V. Yu. Chirkin, K.A. Sulin, I.V. Chistova, I.V. Yakovenko*
Postoperative outcomes of tumor-associated epileptic seizures in glioma patients37
- S.A. Maryashev, R.E. Ishkinin, N.S. Grachev, V. Yu. Zhukov, D.I. Pitskhelauri*
Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection of trigone ventricular tumors44
- S.V. Chernov, S.E. Krasilnikov, J.A. Rzaev, A.V. Kalinovskiy, A.V. Zotov, A.R. Kasymov, E.V. Gormolysova, E.K. Uzhakova, M.K. Antaev*
Predominant localization and ways of metastatic dissemination to the brain of malignant tumors of the female reproductive system.54

CASE FROM PRACTICE

- D.V. Nizolin, A.V. Kim, Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva, N.E. Maslov, A. Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva, K.A. Samochernykh*
Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child: a literature review and clinical cases61
- O. Yu. Bogdanova, A. Yu. Grigoriev, V.G. Pilnikov, E.A. Melikov*
Primary abscess of the sella turcica of odontogenic nature (observation from practice)70
- N.A. Zayachkovsky, A.A. Paltsev, M.M. Tastanbekov, O.A. Li*
Surgical treatment of cerebellar hemangioblastoma during pregnancy: a clinical case and literature review76

LECTURE

- M.V. Lebenstein-Gumovski, A.A. Grin*
Can a complete excision of the injured site of the spinal cord lead to positive results?82
- A.O. Gushcha, A.R. Yusupova, R.A. Kartavykh*
Acute back pain: clinical and radiological diagnosis. Guidelines of the WFNS Spine Committee91

LITERATURE REVIEW

- A.A. Grin, A.E. Talypov, A. Yu. Kordonskiy, Z.A. Barbakadze*
Comparative meta-analysis of implant-associated complications and spinal fusion incidence in Goel–Harms technique and posterior C₁–C₂ transarticular screw fixation per F. Magerl100
- S.A. Prozorov, V.N. Shipovskiy*
Occlusion of all major arteries involved in blood supply to the brain112

JUBILEE

- V.V. Shalin*
Semyon Ivanovich Shumakov (1913–1995) – founder of the neurosurgical service of the Penza region (to the 110th anniversary of birth)122

ORIGINAL REPORT

<i>E.G. Kolomin, S.A. Goroshchenko, V.V. Bobinov, A.E. Petrov, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh</i>	
Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries	127
<i>N.A. Bobriakov, S.I. Petrov, E.V. Sereda, A.G. Moskalev, A.A. Ponomarev, I.Yu. Kazankov, E.Yu. Sedova, E.N. Maksimova</i>	
Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms	136
<i>S.A. Maryashev, R.E. Ishkinin, N.S. Grachev, V.Yu. Zhukov, D.I. Pitskhelauri</i>	
Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection of trigone ventricular tumors	144

CASE FROM PRACTICE

<i>D.V. Nizolin, A.V. Kim, Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva, N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva, K.A. Samochernykh</i>	
Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child: a literature review and clinical cases	152

ЭНДОВАСКУЛЯРНЫЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДИСТАЛЬНЫМИ АНЕВРИЗМАМИ МОЗЖЕЧКОВЫХ АРТЕРИЙ

Е.Г. Коломин, С.А. Горощенко, В.В. Бобин, А.Е. Петров, Л.В. Рожченко, К.А. Самочерных

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

Контакты: Егор Геннадьевич Коломин neurokolomin@yandex.ru

Цель исследования – оценить ближайшие и отдаленные ангиографические и клинические результаты внутрисосудистого лечения пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий.

Материалы и методы. Проанализированы результаты эндоваскулярного лечения 6 пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий, оперированных в нейрохирургическом отделении №3 РНХИ им. проф. А.Л. Поленова в период с 1 января 2017 г. по 31 марта 2023 г.

Результаты. Применялись следующие эндоваскулярные методы: окклюзия мешка аневризмы только отделяемыми спиралями ($n = 2$); окклюзия спиралями со стент-ассистенцией ($n = 3$); деконструктивное вмешательство с окклюзией несущей артерии ($n = 1$). В 1 из 2 случаев окклюзии аневризмы только спиралями выполнена доокклюзия аневризмы со стент-ассистенцией в связи с возникновением рецидива.

Из 6 аневризм радикально выключена из кровотока (класс А) 1 (16,65 %) аневризма, субтотально (класс В) – 4 (66,7 %), частично (класс С) – 1 (16,65 %). Контрольная ангиография в срок не ранее 6 мес продемонстрировала радикальное выключение аневризмы из кровотока (класс А) у 5 (83,3 %) пациентов, субтотально (класс В) – у 1 (16,7 %).

Клинический исход был отличным у 5 (83,3 %) пациентов (0 баллов по модифицированной шкале Рэнкина), у 1 пациента после деконструктивной операции отмечалось нарастание неврологической симптоматики с последующим частичным ее регрессом (2 балла по модифицированной шкале Рэнкина). Осложнения во время деконструктивной операции наблюдались у 1 (16,7 %) пациента.

Заключение. Деконструктивная хирургия аневризм дистальных отделов мозжечковых артерий может быть сопряжена с высокими рисками послеоперационных ишемических осложнений с развитием стойкого грубого неврологического дефицита. Оперативные вмешательства с сохранением просвета артерии (в том числе реконструктивные операции) должны быть методом выбора при эндоваскулярном лечении дистальных аневризм мозжечковых артерий ввиду минимизации рисков ишемических осложнений и улучшения клинических исходов оперативного лечения.

Ключевые слова: дистальные аневризмы мозжечковых артерий, эндоваскулярное лечение, деконструктивные вмешательства, низкопрофильные стенты

Для цитирования: Коломин Е.Г., Горощенко С.А., Бобин В.В. и др. Эндоваскулярный метод лечения пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий. Нейрохирургия 2024;26(2):15–25.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-15-25>

Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries

E.G. Kolomin, S.A. Goroshchenko, V.V. Bobinov, A.E. Petrov, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh

V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia

Contacts: Egor Gennadyevich Kolomin neurokolomin@yandex.ru

Aim. To evaluate short- and long-term angiographic and clinical outcomes of endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries.

Materials and methods. The outcomes of endovascular treatment of 6 patients with distal aneurysms of cerebellar arteries who underwent surgery at the Neurosurgical Division No. 3 of the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery between January 1 of 2017 and March 31 of 2023 were analyzed.

Results. The following endovascular methods were used: occlusion of the aneurysm sac using only detachable coils ($n = 2$); occlusion using stent-assisted coiling ($n = 3$); deconstructive intervention with occlusion of the main artery ($n = 1$).

In 1 of 2 cases of coil-only aneurysm occlusion, additional stent-assisted occlusion was performed due to recurrence. Among 6 aneurysms, 1 (16.65 %) aneurysm was radically excluded from the blood flow (class A); 4 (66.7 %) were excluded subtotally (class B); 1 (16.65 %) was excluded partially (class C). Control angiography at least 6 months after showed radical exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A) in 5 (83.3 %) patients, subtotal exclusion (class B) in 1 (16.7 %) patient.

Clinical outcome was excellent in 5 (83.3 %) patients (0 points per the modified Rankin scale); in 1 patient after deconstructive surgery, augmentation of neurological symptoms with following partial regression was observed (2 points per the modified Rankin scale). Complications during deconstructive surgery were observed in 1 (16.7 %) patient.

Conclusion. Deconstructive surgery of the distal aneurysms of cerebellar arteries can be associated with high risk of postoperative ischemic complications with development of persisting neurological deficit. Surgical interventions with preservation of the artery lumen (including reconstructive surgeries) should be the method of choice in endovascular treatment of distal aneurysms of cerebellar arteries due to minimal risk of ischemic complications and improved clinical outcomes of surgical treatment.

Keywords: distal aneurysms of cerebellar arteries, endovascular treatment, deconstructive interventions, low-profile stents

For citation: Kolomin E.G., Goroshchenko S.A., Bobinov V.V. et al. Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):15–25. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-15-25>

ВВЕДЕНИЕ

Дистальные аневризмы мозжечковых артерий являются крайне редкой патологией и составляют всего 0,6–0,9 % всех церебральных аневризм, в то же время они встречаются в 4,3 раза чаще, чем дистальные аневризмы других церебральных артерий [1]. Дистальными считают аневризмы, расположенные дистальнее первых сегментов или далее 1 см от устья мозжечковых артерий [2, 3].

Наиболее часто среди аневризм мозжечковых артерий дистальной локализации встречаются дистальные аневризмы задней нижней мозжечковой артерии (ЗНМА) [4–7]. Дистальные аневризмы передней нижней мозжечковой артерии (ПНМА) и верхней мозжечковой артерии (ВМА) встречаются крайне редко и составляют <0,5 % всех церебральных аневризм. В литературе описано около 100 наблюдений дистальных аневризм ПНМА и менее 50 – ВМА [1, 8, 9].

В большинстве случаев дистальные аневризмы мозжечковых артерий представлены мелкими мешотчатыми аневризмами, однако нередко встречаются фузиформные, гигантские и частично тромбированные аневризмы [1, 3].

Считают, что наиболее частая причина формирования дистальных аневризм – диссекционное поражение артерии [5, 10, 11]. Дистальные аневризмы мозжечковых артерий обладают чрезвычайно высокой склонностью к разрыву, и их первое клиническое проявление – субарахноидальное кровоизлияние. Более половины разорвавшихся аневризм имеют размер <7 мм [1, 12].

Традиционным методом выбора при лечении дистальных аневризм мозжечковых артерий является микрохирургическое вмешательство [13–19]. Однако глубокая локализация таких аневризм, близость ствола мозга и черепно-мозговых нервов, большое количество перфорирующих артерий, отходящих от мозжечковых артерий, делают микрохирургическое

лечение дистальных аневризм технически сложным и сопряженным с определенным риском [17, 20]. По данным некоторых исследований, частота осложнений при «открытом» лечении дистальных аневризм мозжечковых артерий достигает 68 % [21].

Дистальные аневризмы реже доступны прямому клипированию и чаще требуют применения реваскуляризирующих методик по сравнению с аневризмами других локализаций. По данным исследования A. Rodríguez-Hernández и соавт. (2013), только в 40 % случаев дистальные аневризмы мозжечковых артерий были доступны прямому клипированию, в большинстве случаев (47,5 %) выполнялось деконструктивное вмешательство либо возникала необходимость в наложении микроанастомоза (17,5 % случаев) [1].

В последнее время все чаще встречаются публикации, в которых эндоваскулярный метод лечения при дистальных аневризмах рассматривается как метод выбора [6, 22–24].

Современные эндоваскулярные методы включают окклюзию аневризм спиралями, в том числе со стент- и баллон-ассистенцией, треппинг несущей артерии с помощью спиралей и жидких эмболизирующих материалов, а также имплантацию потокотклоняющего стента.

Один из наиболее распространенных методов лечения дистальных аневризм – деконструктивные операции с окклюзией аневризмы вместе с участком несущего сосуда [25–28].

Согласно результатам ряда исследований, благодаря выраженным коллатеральным анастомозам между мозжечковыми артериями деконструктивные вмешательства на дистальных отделах мозжечковых артерий безопасны и хорошо переносятся пациентами [25–28]. Однако наличие перфорирующих артерий, питающих ствол мозга, отходящих от мозжечковых артерий, отсутствие достоверных методов оценки коллатерального кровотока и функциональной значимости

несущей аневризму артерии не всегда позволяют прогнозировать риски ишемических осложнений и клинические исходы деконструктивных операций.

В связи с развитием эндоваскулярного инструментария, разработкой новых низкопрофильных стентов, улучшением визуализации и управляемости микроинструмента в настоящий момент появились новые возможности эндоваскулярного лечения пациентов с данными аневризмами. Растет число публикаций, посвященных эндоваскулярному лечению дистальных аневризм с использованием реконструктивных методик и сохранением несущей артерии [23, 24, 26].

Нами представлена серия наблюдений, посвященных эндоваскулярному лечению дистальных аневризм мозжечковых артерий с использованием реконструктивной и деконструктивной методик.

Цель исследования — оценить ближайшие и отдаленные ангиографические и клинические результаты внутрисосудистого лечения пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий, прооперированных в нейрохирургическом отделении №3 РНХИ им. проф. А.Л. Поленова — филиала НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России в период с 1 января 2017 г. по 31 марта 2023 г. За этот период прооперированы 9 пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий, что составило 0,3 % всех случаев церебральных аневризм ($n = 2647$), по поводу которых проводилось лечение в изучаемом периоде. Исключены из нашего анализа 3 пациента, оперированные микрохирургическим способом в связи с неуспехом или технической невозможностью проведения эндоваскулярного вмешательства.

Из 6 пациентов, включенных в исследование, 5 были госпитализированы в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова в плановом порядке, 1 пациент — в экстренном в связи с кровоизлиянием вследствие разрыва аневризмы.

При анализе данных спиральной компьютерной томографической ангиографии и церебральной ангиографии оценивали локализацию, форму, размеры аневризмы и ее шейки, а также анатомические особенности несущей артерии.

Выбор метода эндоваскулярного оперативного вмешательства осуществлялся исходя из анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризмы, диаметра несущего сосуда, периода кровоизлияния. Особое внимание уделялось характеристикам несущей аневризму артерии, доступности ее для катетеризации.

При планировании имплантации стента всем больным проводили обязательную предоперационную

подготовку: определение базовой функциональной активности тромбоцитов и назначение двойной дезагрегантной терапии за 7 сут до планируемой операции (клопидогрель 75 мг/сут и ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 раз в сутки) или за 1 сут до операции (тикагрелор 90 мг 2 раза в сутки и ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 раз в сутки). Перед операцией у всех пациентов проводили оценку динамики функциональной активности тромбоцитов по методике оптической детекции агрегации тромбоцитов (light transmission aggregometry, LTA) с получением графических и цифровых данных, указывающих на достижение безопасного для имплантации стента диапазона остаточной активности тромбоцитов (оптимально — не ниже 20 и не выше 40 %).

Перед выпиской из стационара оценивали функциональные исходы после оперативного лечения по модифицированной шкале Рэнкина (modified Rankin scale, mRs).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы особенности клинической картины, результаты инструментального обследования и лечения 6 пациентов с дистальными аневризмами мозжечковых артерий, оперированных эндоваскулярным способом.

Клинико-инструментальная картина

Пациенты с дистальными аневризмами мозжечковых артерий: мужчины — 4, женщины — 2; возраст — от 44 до 70 лет (медиана 54 года).

В нашей серии наблюдений 1 пациент поступил в экстренном порядке с кровоизлиянием вследствие разрыва аневризмы, остальные 5 пациентов поступили в плановом порядке, из них 3 перенесли разрыв аневризмы в анамнезе, у 1 пациента аневризма была выявлена при обследовании по поводу другой патологии (разрыва не было), у 1 пациента аневризма выявлена при ангиографии после кровоизлияния из церебральной аневризмы другой локализации. Все пациенты поступили в компенсированном состоянии с оценкой 0–2 балла по mRs.

Первичным клиническим проявлением данных аневризм у 66,7 % пациентов ($n = 4$) было субарахноидальное кровоизлияние, не сопровождавшееся формированием внутримозговой гематомы.

Анатомо-топографические особенности и морфометрические характеристики дистальных аневризм мозжечковых артерий

Локализация. Все аневризмы мозжечковых артерий мы распределили по локализации согласно классификации J.R. Lister и соавт. [2]. Чаще встречались аневризмы ЗНМА, а именно тонзилломедулярного (p3) сегмента (p2 — 1, p3 — 2, p4 — 1, p5 — 1, s3 — 1) (см. таблицу).

Краткая характеристика пациентов, локализации и строения аневризм, методов и исходов лечения
Short summary of the patient data, location and structure of the aneurysms, treatment techniques and outcomes

На- блю- дение № Case No.	Пол Sex	Воз- раст, лет Age, year	Характеристика аневризмы Aneurysm characteristics					Методы и исходы лечения Treatment techniques and outcomes					
			Локали- зация Location	Форма Shape	Размер*, мм Size*, mm	Шейка Neck	Диаметр несущего сосуда, мм Diameter of the artery, mm	Операция Surgery	Осложне- ния Compli- cations	Послеоперационный контроль Postoperative control			Контроль через >6 мес Control after >6 months
										Радикальность окклюзии по RROC	Исход по mRS, баллы mRS outcome, score	Радикальность окклюзии по RROC RROC radicality class	
1	Муж- ской Male	56	ЗНМА (p3) PICA (p3)	Мешот- чатая Saccular	6	Узкая Narrow	2,5	Спирали + стент Coils + stent	Нет None	B	0	A	0
2	Муж- ской Male	47	ЗНМА (p2) PICA (p2)	Фузи- формная Fusiform	8,5	Нет данных No data	1,5	Спирали + стент Coils + stent	Нет None	B	0	A	0
3	Жен- ский Female	52	ЗНМА (p5) PICA (p5)	Фузи- формная Fusiform	9	Нет данных No data	1,1	Спирали Coils	Нет None	C	0	A	0
4**	Муж- ской Male	54	ЗНМА (p3) PICA (p3)	Мешот- чатая Saccular	9,6	Узкая Narrow	1,7	Спирали Coils	Нет None	B	0	C (рецидив) C (recurrence)	Нет данных No data
								Спирали + стент Coils + stent	Нет None	A	0	A	0
5	Муж- ской Male	44	ЗНМА (p4) PICA (p4)	Мешот- чатая Saccular	4,5	Широ- кая Wide	1,5	Спирали Coils	Нет None	B	0	B	0
6	Жен- ский Female	70	ВМА (s3) SCA (s3)	Мешот- чатая Saccular	4,6	Широ- кая Wide	0,9	Деконструк- тивная Deconstruction	Есть Yes	A	3	A	2

*Размер аневризм определяли как максимальный диаметр купола аневризм. **Лечение проведено в 2 этапа.
*The size of the aneurysm was determined as the maximum diameter of aneurysm dome. **The treatment was carried out in 2 stages.
Примечание. ЗНМА – задняя нижняя мозжечковая артерия; ВМА – верхняя мозжечковая артерия; RROC – классификация окклюзии Раймонда–Роя (Raymond–Roy Occlusion Classification); mRS – модифицированная шкала Рэнкина (modified Rankin scale).
Note. PICA – posterior inferior cerebellar artery; SCA – superior cerebellar artery; RROC – Raymond–Roy Occlusion Classification; mRS – modified Rankin scale.

Размеры и форма. Оценку размеров аневризмы проводили по результатам интраоперационной церебральной ангиографии: определяли максимальный диаметр купола аневризмы, ширину ее шейки, а также отношение величины купола аневризмы к ее шейке (Dome to Neck Ratio, DNR). При ширине шейки аневризмы >4 мм или соотношении $DNR < 2$ шейку считали широкой. По форме аневризматического мешка были выделены мешотчатые (с четко очерченной шейкой) и фузиформные (без шейки, с протяженным нарушением строения сегмента артерии) аневризмы.

Согласно полученным данным, дистальные аневризмы мозжечковых артерий имели мешотчатое строение в 4 (66,7 %) случаях, фузиформное — в 2 (33,3 %). Размер аневризм варьировал от 4,5 до 9,6 мм, средний размер аневризм составил 7 мм, средний размер разорвавшихся аневризм — 8,3 мм. Мешотчатые аневризмы в 50 % случаев ($n = 2$) имели широкую шейку. Нерегулярная форма аневризмы с признаками диссекции наблюдалась у 66,7 % пациентов ($n = 4$). У 1 пациента церебральные аневризмы имели множественный характер.

Эндоваскулярное лечение

Все оперативные вмешательства проводили под общей анестезией в условиях рентген-операционной с использованием двухпроекционного ангиографа. Первым этапом внутрисосудистого вмешательства была селективная церебральная панангиография в стандартных проекциях. После этого выполняли 3D-ротационную ангиографию для оценки размеров и формы аневризмы.

Выбор тактики эндоваскулярного вмешательства основывался на морфометрических характеристиках аневризмы, ее форме, характеристиках несущего сосуда и периоде кровоизлияния. Приоритетной при проведении внутрисосудистого лечения была окклюзия аневризмы с сохранением несущей артерии, которая была выполнена в большинстве наблюдений ($n = 5$). По поводу 6 дистальных аневризм выполнено 7 оперативных вмешательств. Окклюзия аневризмы спиралями с сохранением несущей артерии выполнена 3 пациентам, в том числе в 1 случае как первый этап лечения в остром периоде кровоизлияния. Окклюзия аневризмы спиралями со стент-ассистенцией выполнена также 3 пациентам: 2 пациентам — как первичный метод лечения, 1 пациенту — как 2-й этап лечения при рецидиве аневризмы после окклюзии спиралями в остром периоде.

Лишь в 1 наблюдении проведено деконструктивное вмешательство с использованием неадгезивной композиции. Выбор в пользу деконструктивного вмешательства был сделан ввиду малого диаметра и извитости несущей артерии (ВМА), расположения аневризмы дистальнее типичного места отхождения перфорантов, питающих ствол мозга.

Оценка первичных и отдаленных ангиографических результатов

При анализе ангиограмм, выполненных в конце оперативного лечения и в отдаленном периоде, определяли радикальность выключения аневризмы из кровотока по классификации Раймонда—Роя (Raymond—Roy Occlusion Classification, 2006).

Из 6 аневризм радикально выключена из кровотока (класс А) 1 (16,7 %) аневризма, субтотально (класс В) — 4 (66,7 %), частично (класс С) — 1 (16,7 %).

Отдаленными мы считали результаты контрольного ангиографического исследования, выполненного не ранее чем через 6 мес после проведенного оперативного лечения.

В отдаленном периоде в большинстве случаев отмечено изменение радикальности окклюзии. Так, при контрольной ангиографии полная окклюзия аневризмы была выявлена у 4 (66,7 %) пациентов, субтотальная — у 1 (16,7 %) и частичная — у 1 (16,7 %). При этом зафиксировано повышение радикальности в виде перехода из субтотальной в тотальную окклюзию в 2 (50 %) наблюдениях, из частичной в тотальную — в 1 (16,7 %) наблюдении, а также понижение радикальности (рецидив аневризмы) от субтотальной к частичной окклюзии у 1 (16,7 %) пациента после окклюзии аневризмы в остром периоде кровоизлияния. В связи с рецидивом аневризмы после окклюзии спиралями в 1 (16,7 %) случае было выполнено повторное оперативное лечение — окклюзия аневризмы микроспиралями со стент-ассистенцией с тотальным выключением аневризмы из кровотока (класс А), подтвержденным при контрольной ангиографии через 6 мес после повторного вмешательства.

Ближайшие и отдаленные клинические исходы

Проведен анализ интра- и послеоперационных осложнений, ближайших и отдаленных исходов оперативного лечения.

Клинический исход был отличным у 5 (83,3 %) пациентов (0 баллов по mRS), у 1 пациента отмечалось нарастание мозжечковой недостаточности вследствие инфаркта мозжечка с частичным регрессом на момент выписки (2 балла по mRS).

Осложнения, связанные с операцией, а именно интраоперационный разрыв на фоне микроангиографии и ишемия в бассейне мозжечковой артерии, наблюдались у 1 (16,7 %) пациента в ходе деконструктивной операции. Других осложнений в нашей серии выявлено не было.

Отдаленные клинические исходы также были отслежены у всех 6 пациентов. Ни в одном случае не отмечено эпизодов повторных кровоизлияний из аневризм, нарастания неврологического дефицита.

Клинический случай 1. Пациент, 60 лет, поступил в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова с клинической картиной субарахноидального кровоизлияния. При селективной

церебральной ангиографии выявлена мешотчатая аневризма р3-сегмента левой ЗНМА, неправильной двухкамерной формы с дивертикулярными выпячиваниями, размерами $9,3 \times 8,2$ мм и шейкой 3,5 мм (рис. 1, а).

В экстренном порядке с целью предотвращения повторного кровоизлияния выполнена субтотальная окклюзия аневризмы отделяемыми спиралями (рис. 1, б).

Пациент был выписан без очаговой и менингеальной неврологической симптоматики. В последующем повторных эпизодов кровоизлияния не наблюдалось, плановые контрольные исследования пациент не проходил.

Через 6 лет после первичного оперативного вмешательства при выполнении контрольной церебральной ангиографии отмечено увеличение пришеечного заполнения аневризмы — как за счет уплотнения комплекса спиралей, так и за счет роста аневризмы в пришеечной части.

Изначально рассматривались 3 варианта лечебной тактики: деконструктивное вмешательство с окклюзией аневризмы вместе с несущей артерией, эмболизация аневризмы со стент-ассистенцией и имплантация низкопрофильного потокотклоняющего стента.

Деконструктивное вмешательство с окклюзией аневризмы вместе с несущей артерией ввиду расположения аневризмы на тонзилломедулярном сегменте было сопряжено с высокими рисками ишемических осложнений в связи с рисками окклюзии перфорантов, питающих ствол мозга.

Имплантация более жесткого низкопрофильного потокотклоняющего стента с учетом извитого хода артерии также имела высокие риски осложнений (дистальная перфорация несущей артерии, недораскрытие,

перекрут стента с последующей окклюзией несущей артерии).

Было принято решение об окклюзии аневризмы с использованием низкопрофильного ассистирующего стента. Выбор в пользу такого стента был сделан ввиду меньших манипуляционных рисков при катетеризации извитых артерий катетером малого диаметра с внутренним просветом 0,0165 дюйма. С помощью ассистирующего низкопрофильного стента LEO Baby и отделяемых спиралей выполнена тотальная окклюзия аневризмы (рис. 2).

В послеоперационном периоде нарастания очаговой и менингеальной неврологической симптоматики не отмечено. Пациент выписан в стабильном, компенсированном состоянии на 2-е сутки после оперативного вмешательства. При контрольной ангиографии через 6 мес аневризма выключена из кровотока тотально (класс А).

Клинический случай 2. Пациентка Я., 70 лет, поступила в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова в плановом порядке с целью оперативного лечения. По данным мультиспиральной компьютерной томографической ангиографии выявлена дистальная аневризма правой ВМА, по данным селективной церебральной ангиографии — мешотчатая аневризма церебелломеценцефального (s3) сегмента правой ВМА размерами $4,6 \times 3$ мм с широкой шейкой — 2,5 мм, диаметр несущей артерии — 0,7 мм (рис. 3, а).

Учитывая дистальную локализацию аневризмы — вдали от типичного места отхождения перфорантов, а также малый диаметр и извитой ход сосуда, было принято решение о выполнении деконструктивной операции с использованием жидкого эмболизирующего агента (неадгезивной композиции), выбор в пользу которого был сделан в связи с меньшими манипуляционными рисками катетеризации аневризмы более тонким катетером.

Интраоперационно при проведении суперселективной церебральной микроангиографии выявлены признаки экстравазации контрастного вещества — разрыв аневризмы (рис. 3, б, в). С помощью микрокатетера Sonic и неадгезивной композиции SQUID 18 была выполнена эмболизация аневризмы вместе с дистальным участком артерии (рис. 3, г).

По данным послеоперационной компьютерной томографии головного мозга отмечалось гиперденное содержимое (кровь с контрастным веществом) в задней черепной ямке, области правой затылочной доли с полным регрессом при контрольном исследовании на 5-е сутки после оперативного вмешательства.

В раннем послеоперационном периоде наблюдалось нарастание неврологической симптоматики в виде дизартрии, мозжечковой координаторной недостаточности. По данным магнитно-резонансной томографии головного мозга, выполненной через 2 нед после оперативного лечения, определялся инфаркт правого полушария мозжечка преимущественно корковой локализации в подострой стадии без признаков ишемии ствола мозга (рис. 4). На фоне консервативной терапии и реабилитационного лечения симптоматика практически полностью

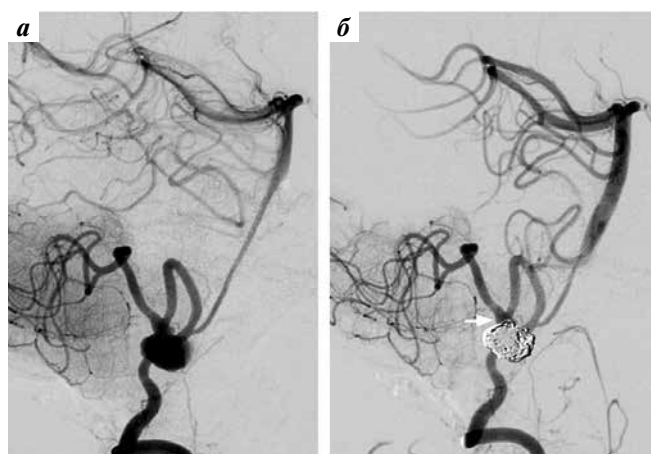


Рис. 1. Селективная левосторонняя вертебральная ангиография (боковая проекция): а — до окклюзии аневризмы спиралями: отмечается контрастирование мешотчатой аневризмы тонзилломедулярного сегмента (р3) левой задней нижней мозжечковой артерии; б — выполнена субтотальная окклюзия аневризмы отделяемыми спиралями (стрелкой указано остаточное заполнение аневризмы)

Fig. 1. Selective left-sided vertebral angiography (lateral projection): а — prior to aneurysm occlusion with coils: contrasting of saccular aneurysm of the tonsilomedullary segment (p3) of the left posterior inferior cerebellar artery is observed; б — subtotal occlusion of the aneurysm with detachable coils is observed (arrow shows residual aneurysm filling)

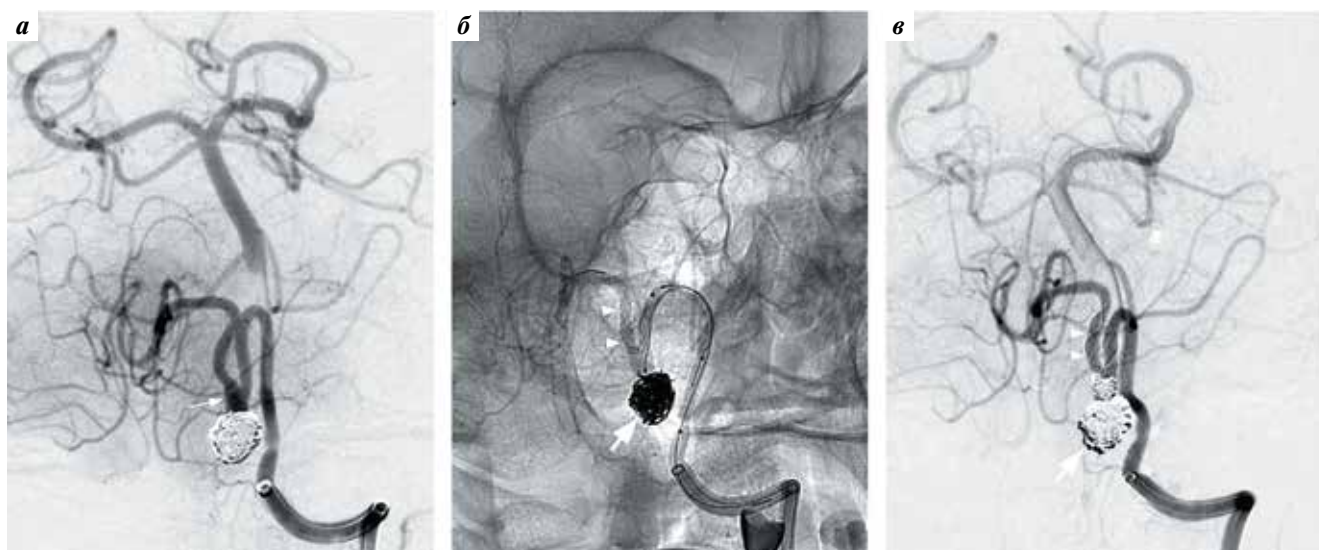


Рис. 2. Селективная левосторонняя вертебральная ангиография через 6 лет после окклюзии аневризмы спиралями (косая проекция): а — до окклюзии аневризмы со стент-ассистенцией: отмечается увеличение заполняющейся части аневризмы (указана стрелкой); б, в — с помощью техники “jailing” (б) выполнена тотальная окклюзия аневризмы с использованием ассистирующего стента LEO Baby и отделяемых спиралей (в): раскрытие ассистирующего стента LEO Baby (б); состояние после тотальной окклюзии аневризмы со стент-ассистенцией (в) (толстыми стрелками указано положение комплекса спиралей, стрелками-указателями — положение стента)

Fig. 2. Selective left-sided vertebral angiography 6 years after aneurysm occlusion with coils (oblique view): а — prior to stent-assisted aneurysm occlusion: enlargement of the filling part of the aneurysm is observed (arrow); б, в — using the jailing technique (б), total occlusion of the aneurysm with LEO Baby assisting stent and detachable coils was performed (в): opening of the assisting LEO Baby stent (б); condition after stent-assisted total aneurysm occlusion (в) (bold arrows show the position of the coil complex, pointing arrows show the position of the stent)



Рис. 3. Селективная левосторонняя вертебральная ангиография (боковая проекция): а, б — до окклюзии аневризмы спиралями: отмечается контрастирование мешотчатой аневризмы церебеллозентефального (s3) сегмента правой верхней мозжечковой артерии при вертебральной ангиографии (а) и при проведении микроангиографии (б) (указана стрелкой); в — при выполнении микроангиографии выявлена экстравазация контрастного вещества (стрелка-указатель) — разрыв аневризмы (указана стрелкой) на фоне микроангиографии; г — состояние после эмболизации неадгезивной композицией SQUID 18: выполнено тотальное выключение аневризмы из кровотока с участком несущего сосуда (указано стрелкой)

Fig. 3. Selective left-sided vertebral angiography (lateral projection): а, б — prior to aneurysm occlusion with coils: contrasting of saccular aneurysm of the cerebellomesencephalic (s3) segment of the right superior cerebellar artery is observed during vertebral angiography (а) and microangiography (б) (arrow); в — microangiography shows extravasation of the contrast agent (pointing arrow) — aneurysm rupture (arrow) in the context of microangiography; г — condition after embolization using non-adhesive SQUID 18 agent: total exclusion of the aneurysm with a part of the vessel was performed (arrow)

регрессировала (2 балла по mRs). В стабильном, компенсированном состоянии пациента была выписана под наблюдением неврологом по месту жительства.

Контрольная ангиография через 6 мес после операции показала, что аневризма выключена из кровотока тотально (класс А). Неврологический дефицит полностью регрессировал.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее часто используется классификация сегментарного деления мозжечковых артерий, предложенная J.R. Lister и соавт. (1982) [2].

Согласно данной классификации ЗНМА делят на 5 сегментов: передний медулярный, боковой медулярный, тонзилломедулярный, теловелотонзиллярный

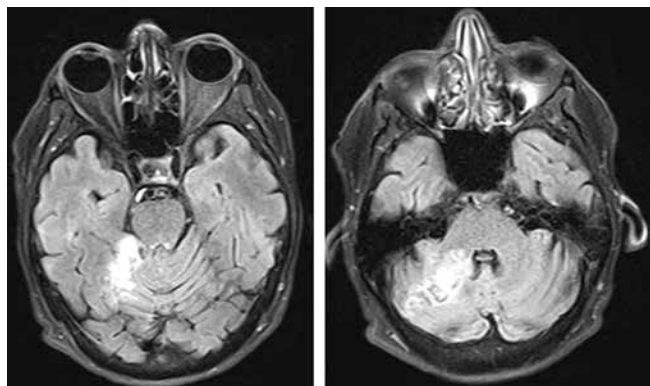


Рис. 4. Магнитно-резонансная томограмма головного мозга на 12-е сутки после операции (аксиальная проекция). Постишемические кистозно-глиозные изменения преимущественно корковых отделов правой полушария мозжечка в бассейне кровоснабжения правой верхней мозжечковой артерии

Fig. 4. Magnetic resonance imaging of the brain on day 12 after surgery (axial projection). Postischemic cystic gliotic changes in predominantly cortical parts of the right cerebellar hemisphere in the system of the right superior cerebellar artery

и кортикальный; ПНМА — на 4 сегмента: передний pontинный, боковой pontинный, флокуллопедункулярный и кортикальный; ВМА — на 4 сегмента: передний pontомезенцефальный, боковой pontомезенцефальный, церебеллопедункулярный и кортикальный.

Существует альтернативная классификация, предложенная С.Г. Drake и соавт. (1996), в соответствии с которой дистальные аневризмы мозжечковых артерий разделяют на проксимальные (расположенные на протяжении 1 см от устья артерии) и дистальные [3].

Вышеприведенные классификации главным образом полезны при планировании микрохирургического вмешательства, поскольку описывают взаимоотношения аневризм с близлежащими черепно-мозговыми нервами и стволом мозга, помогают выбрать оптимальный доступ к аневризме и прогнозировать риски послеоперационной недостаточности черепно-мозговых нервов.

В то же время при планировании эндоваскулярного вмешательства крайне важной является оценка наличия перфорантов для прогнозирования рисков развития ишемических осложнений при деконструктивных вмешательствах.

На данный момент деконструктивные вмешательства остаются наиболее широко используемыми операциями при лечении дистальных аневризм мозжечковых артерий [24–28].

Перфорирующие артерии, питающие ствол мозга, преимущественно берут начало от проксимальных сегментов артерий. В связи с этим деконструктивные вмешательства на аневризмах мозжечковых артерий дистальнее тонзиллопедункулярного сегмента ЗНМА, pontомезенцефального сегмента ВМА и дистальнее 2 см от устья ПНМА считаются безопасными и редко могут привести к инсульту ствола мозга [6, 19, 23, 24, 29].

В случае возникновения ишемии мозжечка она обычно имеет малый объем, вовлекает преимущественно корковые отделы мозжечка и является асимптомной либо проявляется относительно незначительной клинической симптоматикой, как в приведенном нами примере [6, 25, 30]. Тем не менее даже при выполнении достаточно дистальной деконструкции риск ретроградного тромбоза артерии с развитием инсульта ствола мозга сохраняется, в связи с чем рекомендуется назначение ацетилсалициловой кислоты как минимум в течение 1 нед после операции [31].

Несмотря на то что часть авторов указывают на относительную безопасность деконструктивных вмешательств в более проксимальных отделах артерий, обосновывая это отсутствием перфорантов на пораженном сегменте артерии и выраженными анастомотическими сетями на поверхности ствола мозга, такие вмешательства связаны с высокими рисками ишемических осложнений и должны выполняться только в исключительных случаях [32–35]. Так, по данным J.G. Malcolm и соавт., при деконструктивных вмешательствах на аневризмах, расположенных на первых 3 сегментах ЗНМА, инфаркт ствола мозга наблюдался у 7,1 % пациентов, а инфаркт полушарий мозжечка — у 57 % [36].

Появляется все больше исследований, в которых сохранение несущей артерии рассматривается как одна из главных задач при лечении аневризм мозжечковых артерий дистальной локализации [23, 24, 31].

При дистальных аневризмах мозжечковых артерий, доступных катетеризации и имеющих узкую шейку, методом выбора может стать эмболизация с помощью отделяемых спиралей [37–39]. В краткосрочной перспективе данный метод лечения достаточно эффективен, однако частота рецидивов после таких операций остается высокой. По данным М. Cellerini и соавт., у пациентов после эмболизации аневризм ЗНМА спиралями наблюдался благоприятный исход (0 баллов по mRs) в 90,9 % случаев, однако частота рецидивов составила 27,3 % [40]. N. Chalouhi и соавт. также указывают на высокую частоту рецидивов (50 % случаев) и возникновения необходимости в повторных оперативных вмешательствах (37,5 % случаев) после окклюзии спиралями аневризм данной локализации [30].

Полученные нами данные также подтверждают высокие риски рецидива после изолированной окклюзии спиралями (у 1 из 2 пациентов) и необходимость динамического ангиографического контроля у данной группы пациентов.

При дистальных аневризмах мозжечковых артерий с широкой шейкой или фузиформным строением окклюзия отделяемыми спиралями нередко может быть технически невыполнимой или несет высокие риски осложнений. По нашим наблюдениям, использование стент-ассистенции, низкопрофильных ассистирующих стентов нового поколения в ряде случаев позволяет выключить данные аневризмы с сохранением

несущей артерии и реконструкцией пораженного сегмента [23, 24].

По данным Е.А. Samaniego и соавт., при эндоваскулярной окклюзии аневризм ствола ЗНМА с использованием низкопрофильного ассистирующего стента LVIS Junior (MicroVention) отличные клинические исходы (5 баллов по шкале исходов Глазго) наблюдались у всех 7 пациентов. В 1 случае авторы зафиксировали развитие вазоспазма на фоне манипуляций при имплантации стента. При краткосрочном ангиографическом наблюдении (медиана 5,1 мес) in-stent-стенозов или окклюзий несущих артерий не было отмечено, при контрольной ангиографии через 12 мес после операции рецидив аневризм был выявлен у 2 пациентов, что потребовало доокклюзии аневризм отделяемыми спиралями [23].

В литературе также описаны случаи успешного использования низкопрофильных ассистирующих стентов при лечении дистальных аневризм ВМА и ПНМА с использованием техники стент-ассистенции или имплантации стентов по типу «телескоп» [31, 41, 42].

В нашем исследовании у 50 % пациентов ($n = 3$) была выполнена реконструктивная операция (эмболизация со стент-ассистенцией) с использованием низкопрофильного ассистирующего стента LEO Baby (Balt Extrusion, Франция). Интра- и послеоперационных осложнений в нашей группе пациентов не наблюдалось. При контрольной ангиографии через 6 мес у всех пациентов ($n = 3$) отмечалось тотальное выключение аневризм из кровотока (класс А) без признаков развития in-stent-стенозов или окклюзий несущей артерии.

Применение низкопрофильных потокотклоняющих стентов является перспективным, однако малоизученным методом лечения при аневризмах данной локализации. Впервые об успешной имплантации потокотклоняющего стента SILK+ (Balt Extrusion) для лечения данной патологии сообщили R.N. Alokaili и M.E. Ahmed в 2014 г. [43]. Также D.C. Lauzier и соавт. описали 5 случаев успешного лечения дистальных аневризм ЗНМА с использованием потокотклоняющих стентов PED Flex (Medtronic) [44].

Ввиду особенностей строения, причин формирования дистальных аневризм мозжечковых артерий, а также особенностей несущих сосудов интраоперационные ишемические и геморрагические осложнения при эндоваскулярном лечении таких аневризм встречаются чаще, чем при лечении аневризм других локализаций, — по различным данным, в 10–25 % случаев [5, 6, 30, 33]. Частота безуспешных оперативных вмешательств также выше в группе дистальных аневризм.

Так, по данным исследования N. Chalouhi и соавт., при сравнении результатов лечения аневризм ЗНМА проксимальной и дистальной локализации безуспешное оперативное лечение наблюдалось в 4 раза чаще в группе пациентов с дистальными аневризмами, чем в группе пациентов с аневризмами проксимальной локализации [30].

В нашем исследовании операции были выполнены успешно во всех наблюдениях. В 1 (16,7 %) случае произошел интраоперационный разрыв аневризмы при выполнении микроангиографии, что привело к необходимости выполнения деконструктивного вмешательства и возникновению ограниченного инфаркта мозжечка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дистальные аневризмы мозжечковых артерий — крайне редкая патология, и в настоящее время единые стандартизированные подходы к их лечению отсутствуют. Деконструктивная хирургия аневризм дистальных отделов мозжечковых артерий может быть сопряжена с высокими рисками послеоперационных ишемических осложнений с развитием стойкого выраженного неврологического дефицита. Оценка рисков ишемических осложнений после таких операций носит эмпирический характер и не имеет инструментальных критериев достоверности. На наш взгляд, такие вмешательства плохо прогнозируемы с точки зрения клинического исхода хирургического лечения пациента. Тем не менее эти методики до сих пор широко используются в хирургии дистальных аневризм вертебробазиллярного бассейна, в том числе при аневризмах мозжечковых артерий.

В результате эволюции методов эндоваскулярного лечения пациентов с церебральными аневризмами как проксимальной, так и дистальной локализации в настоящее время в большинстве случаев удается достигнуть радикальной окклюзии аневризмы с сохранением несущего аневризму сосуда. Появление новых низкопрофильных ассистирующих и потокотклоняющих стентов открыло новые перспективы в лечении дистальных аневризм мозжечковой локализации.

По нашему мнению, оперативные вмешательства с сохранением просвета артерии (в том числе реконструктивные операции) должны быть методом выбора в эндоваскулярном лечении дистальных церебральных аневризм, в том числе локализующихся на мозжечковых артериях, ввиду минимизации рисков ишемических осложнений и улучшения клинических исходов оперативного лечения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Rodríguez-Hernández A., Zador Z., Rodríguez-Mena R., Lawton M.T. Distal aneurysms of intracranial arteries: application of numerical nomenclature, predilection for cerebellar arteries, and results of surgical management. *World Neurosurg* 2013;80(1–2): 103–12. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.09.010
- Lister J.R., Rhoton A.L. Jr., Matsushima T., Peace D.A. Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* 1982;10(2):170–99.
- Drake C.G., Peerless S.J., Hernesniemi J. Surgery of vertebrobasilar aneurysms London, Ontario Experience on 1767 patients. Wien, New York: Springer, 1996. 329 p.
- Bonneville F., Sourour N., Biondi A. Intracranial aneurysms: an overview. *Neuroimaging Clin N Am* 2006;16(3):371–82, vii. DOI: 10.1016/j.nic.2006.05.001
- Mitsos A.P., Corkill R.A., Lalloo S. et al. Idiopathic aneurysms of distal cerebellar arteries: endovascular treatment after rupture. *Neuroradiology* 2008;50(2):161–70. DOI: 10.1007/s00234-007-0315-0
- Peluso J.P., van Rooij W.J., Sluzewski M., Beute G.N. Distal aneurysms of cerebellar arteries: incidence, clinical presentation, and outcome of endovascular parent vessel occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28(8):1573–8. DOI: 10.3174/ajnr.A0607
- Schievink W.I., Wijdicks E.F., Piepgras D.G. et al. The poor prognosis of ruptured intracranial aneurysms of the posterior circulation. *J Neurosurg* 1995;82(5):791–5. DOI: 10.3171/jns.1995.82.5.0791
- Banczerowski P., Sipos L., Vajda J. Aneurysm of the internal auditory artery: our experience and review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)* 1996;138(10):1157–62. DOI: 10.1007/BF01809744
- Nussbaum E.S., Madison M.T., Goddard J.K. et al. Peripheral intracranial aneurysms: management challenges in 60 consecutive cases. *J Neurosurg* 2009;110(1):7–13. DOI: 10.3171/2008.6.JNS0814
- Горошенко С.А., Бобинов В.В., Мамонов Н.А. и др. Успешное комбинированное лечение пациентки с гигантской аневризмой задней нижней мозжечковой артерии, проявляющейся компрессией ствола мозга. *Артериальная гипертензия* 2023;29(1):100–8. DOI: 10.18705/1607-419X-2023-29-1-100-108
Goroshchenko S.A., Bobinov V.V., Mamonov N.A. et al. Successful combined treatment of a giant aneurysm of the posterior inferior cerebellar artery manifesting by brain stem compression. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension* 2023;29(1):100–8. (In Russ.). DOI: 10.18705/1607-419X-2023-29-1-100-108
- Steiner T., Juvela S., Unterberg A. et al. European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage. *Cerebrovasc Dis* 2013;35(2):93–112. DOI: 10.1159/000346087
- Lehto H., Harati A., Niemelä M. et al. Distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical features and outcome of 80 patients. *World Neurosurg* 2014;82(5):702–13. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.06.012
- Horiuchi T., Tanaka Y., Hongo K. et al. Characteristics of distal posteroinferior cerebellar artery aneurysms. *Neurosurgery* 2003;53(3):589–95; discussion 595–6. DOI: 10.1227/01.neu.0000079493.50657.1d
- Tokimura H., Yamahata H., Kamezawa T. et al. Clinical presentation and treatment of distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Neurosurg Rev* 2011;34(1):57–67. DOI: 10.1007/s10143-010-0296-z
- Evans J.J., Sekhar L.N., Rak R., Stimac D. Bypass grafting and revascularization in the management of posterior circulation aneurysms. *Neurosurgery* 2004;55(5):1036–49. DOI: 10.1227/01.neu.0000140822.64362.c6
- Дашьян В.Г., Сенько И.В. Микрохирургическое лечение дистальных аневризм задней нижней мозжечковой артерии. *Нейрохирургия* 2019;21(4):12–23. DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-12-23
Dashyan V.G., Senko I.V. Microsurgical treatment of distal aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;21(4):12–23. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-12-23
- Kim C.H., Cho Y.D., Jung S.C. et al. Endovascular treatment for superior cerebellar artery aneurysms: morphological features, technique, and outcome. *Neuroradiology* 2014;56(8):647–54. DOI: 10.1007/s00234-014-1375-6
- Pritz M.B. Aneurysms of the anterior inferior cerebellar artery. *Acta Neurochir (Wien)* 1993;120(1–2):12–9. DOI: 10.1007/BF02001463
- Zager E.L., Shaver E.G., Hurst R.W., Flamm E.S. Distal anterior inferior cerebellar artery aneurysms. Report of four cases. *J Neurosurg* 2002;97(3):692–6. DOI: 10.3171/jns.2002.97.3.0692
- Bohnstedt B.N., Ziemba-Davis M., Edwards G. et al. Treatment and outcomes among 102 posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a comparison of endovascular and microsurgical clip ligation. *World Neurosurg* 2015;83(5):784–93. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.12.035
- Horowitz M., Kopitnik T., Landreneau F. et al. Posteroinferior cerebellar artery aneurysms: surgical results for 38 patients. *Neurosurgery* 1998;43(5):1026–32. DOI: 10.1097/00006123-199811000-00012
- Bradac G.B., Bergui M. Endovascular treatment of the posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Neuroradiology* 2004;46(12):1006–11. DOI: 10.1007/s00234-004-1245-8
- Samaniego E.A., Abdo G., Hanel R.A. et al. Endovascular treatment of PICA aneurysms with a Low-profile Visualized Intraluminal Support (LVIS Jr) device. *J Neurointerv Surg* 2016;8(10):1030–3. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-012070
- Hou K., Lv X., Guo Y., Yu J. Endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery trunk aneurysm. *Acta Neurol Belg* 2022;122(6):1405–17. DOI: 10.1007/s13760-021-01826-8
- Puri A.S., Massari F., Hou S.Y. et al. Onyx embolization in distal dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *J Neurointerv Surg* 2016;8(5):501–6. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011622
- Xu F., Hong Y., Zheng Y. et al. Endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a 7-year single-center experience. *J Neurointerv Surg* 2017;9(1):45–51. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012489
- Madaelil T.P., Wallace A.N., Chatterjee A.N. et al. Endovascular parent vessel sacrifice in ruptured dissecting vertebral and posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical outcomes and review of the literature. *J Neurointerv Surg* 2016;8(8):796–801. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011732
- Li H., Li X.F., He X.Y. et al. Endovascular treatment of dissecting aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery and predictors of outcome. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2015;24(9):2134–42. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.05.034
- Lewis S.B., Chang D.J., Peace D.A. et al. Distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical features and management. *J Neurosurg* 2002;97(4):756–66. DOI: 10.3171/jns.2002.97.4.0756
- Chalouhi N., Jabbour P., Starke R.M. et al. Endovascular treatment of proximal and distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *J Neurosurg* 2013;118(5):991–9. DOI: 10.3171/2012.12.JNS121240
- Anil G., Sein L., Nga V. et al. Dissecting distal cerebellar artery aneurysms: options beyond a parent vessel sacrifice. *Neurosurg Rev* 2020;43(2):771–80. DOI: 10.1007/s10143-019-01119-y

32. Ioannidis I., Nasis N., Andreou A. Endovascular treatment of ruptured dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Interv Neuroradiol* 2012;18(4):442–8. DOI: 10.1177/159101991201800410
33. Isokangas J.M., Siniluoto T., Tikkakoski T., Kumpulainen T. Endovascular treatment of peripheral aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29(9):1783–8. DOI: 10.3174/ajnr.A1218
34. Lim S.M., Choi I.S., Hum B.A., David C.A. Dissecting aneurysms of the distal segment of the posterior inferior cerebellar arteries: clinical presentation and management. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31(6):1118–22. DOI: 10.3174/ajnr.A2014
35. Van den Berg R., Doorschodt T.C., Sprengers M.E., Vandertop W.P. Treatment of dissecting aneurysms of the PICA: anatomical considerations and clinical outcome. *J Neuroradiol* 2015;42(5):291–7. DOI: 10.1016/j.neurad.2014.10.001
36. Malcolm J.G., Grossberg J.A., Laxpati N.G. et al. Endovascular sacrifice of the proximal posterior inferior cerebellar artery for treatment of ruptured intracranial aneurysms. *J Neurointerv Surg* 2020;12(8):777–82. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016261
37. Trivelato F.P., Salles Rezende M.T., Castro G.D. et al. Endovascular treatment of isolated posterior inferior cerebellar artery dissecting aneurysms: parent artery occlusion or selective coiling? *Clin Neuroradiol* 2014;24(3):255–61. DOI: 10.1007/s00062-013-0247-5
38. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Петров А.Е. и др. Ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения церебральных аневризм. *Нейрохирургия* 2023;25(2):10–9. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19
Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Petrov A.E. et al. Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):10–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19
39. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Горощенко С.А. и др. Ближайшие и отдаленные результаты внутрисосудистой окклюзии церебральных аневризм отделяемыми спиралями. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова* 2022;14(2):29–36.
Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. Immediate and long-term results of endovascular occlusion of cerebral aneurysms with detachable coils. *Rossiyskiy nejroxirurgicheskiy zhurnal im. prof. A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;14(2):29–36. (In Russ.). DOI: 10.1007/s00234-007-0333-y
40. Cellnerini M., Mangiafico S., Ammannati F. et al. Ruptured, dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms: endovascular treatment without parent vessel occlusion. *Neuroradiology* 2008;50(4):315–20. DOI: 10.1007/s00234-007-0333-y
41. Di Stefano G., Limbucci N., Cruccu G. et al. Trigeminal neuralgia completely relieved after stent-assisted coiling of a superior cerebellar artery aneurysm. *World Neurosurg* 2017;101:812.e5–e9. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.03.082
42. Tahir R., Asmaro K.P., Haider S., Kole M. Ruptured distal superior cerebellar artery dissecting aneurysm treated with a flow-diverting device: case report and review of literature. *Cureus* 2018;10(7):e2918. DOI: 10.7759/cureus.2918
43. Alokaili R.N., Ahmed M.E. Flow-diverter stent for the treatment of a non-origin posterior inferior cerebellar artery aneurysm. A case report. *Neuroradiol J* 2014;27(4):456–60. DOI: 10.15274/NRJ-2014-10061
44. Lauzier D.C., Root B.K., Kayan Y. et al. Pipeline embolization of distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Interv Neuroradiol* 2021;27(6):821–7. DOI: 10.1177/15910199211013195

Вклад авторов

Е.Г. Коломин: нейрохирургическое лечение пациентов, сбор и обработка данных, написание и научное редактирование текста статьи;
С.А. Горощенко: нейрохирургическое лечение пациентов, сбор и обработка данных, научное редактирование текста статьи;
В.В. Бобинов, А.Е. Петров: нейрохирургическое лечение пациентов, научное редактирование текста статьи;
Л.В. Рожченко, К.А. Самочерных: научное редактирование текста статьи.

Authors' contributions

E.G. Kolomin: neurosurgical treatment, collecting and processing data, writing and scientific editing of the article;
S.A. Goroshchenko: neurosurgical treatment, collecting and processing data, scientific editing of the article;
V.V. Bobinov, A.E. Petrov: neurosurgical treatment, scientific editing of the article;
L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh: scientific editing of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

Е.Г. Коломин / E.G. Kolomin: <https://orcid.org/0000-0002-3904-2393>
С.А. Горощенко / S.A. Goroshchenko: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3213>
В.В. Бобинов / V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>
А.Е. Петров / A.E. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-3112-6584>
Л.В. Рожченко / L.V. Rozhchenko: <https://orcid.org/0000-0002-0974-460X>
К.А. Самочерных / K.A. Samochernykh: <https://orcid.org/0000-0001-5295-4912>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia. All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 21.08.2023. **Принята к публикации:** 25.01.2024.

Article submitted: 21.08.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ У ПАЦИЕНТОВ С ОТСРОЧЕННОЙ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИЕЙ ПОСЛЕ КЛИПИРОВАНИЯ РАЗОРВАВШИХСЯ АРТЕРИАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

Н.А. Бобряков¹, С.И. Петров^{1,2}, Э.В. Серeda^{1,2}, А.Г. Москалев¹, А.А. Пономарев¹, И.Ю. Казанков¹,
 Е.Ю. Седова¹, Е.Н. Максимова¹

¹ГБУЗ «Иркутская ордена «Знак Почета» областная клиническая больница»; Россия, 664049 Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100;

²Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; Россия, 664049 Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100

Контакты: Николай Алексеевич Бобряков irkutsk102013@gmail.com

Цель исследования – изучение значимых изменений показателей (ЗИП), зарегистрированных при проведении интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ) во время клипирования разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга у пациентов с отсроченной церебральной ишемией (ОЦИ) в послеоперационном периоде.

Материалы и методы. В исследование включены 16 пациентов, в том числе 7 (43,8 %) мужчин и 9 (56,2 %) женщин, в возрасте $51,1 \pm 9,3$ года, которым выполнено клипирование разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга в период с 2016 по 2021 г., при этом в 1-е послеоперационные сутки неврологический дефицит (НД) оставался на дооперационном уровне, но нарастал к моменту окончания госпитализации. С целью изучения факторов, приводящих к развитию ОЦИ, выделены 2 группы с преходящими ЗИП по данным ИОНМ: группа с развитием ОЦИ – 7 пациентов из числа вышеуказанных 16 пациентов (3 (42,9 %) мужчины и 4 (57,1 %) женщины) в возрасте $49,6 \pm 8,5$ года; контрольная группа – 19 человек (9 (47,4 %) мужчин и 10 (52,6 %) женщин) в возрасте $46,2 \pm 10,9$ года, у которых НД в 1-е послеоперационные сутки и к моменту выписки не нарастал. Группы статистически значимо не различались по возрасту, полу, локализации аневризмы, периоду разрыва и исходному уровню НД.

Результаты. У пациентов с ОЦИ в 9 (56,2 %) случаях за время операции ЗИП со стороны соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) и транскраниальных моторных вызванных потенциалов (ТкМВП) не зарегистрировано, в 7 (43,8 %) случаях зарегистрированы преходящие ЗИП, из них у 3 (42,8 %) пациентов – со стороны ТкМВП и ССВП, у 2 (28,6 %) пациентов – только ТкМВП, у 2 (28,6 %) – только ССВП. В контрольной группе преходящие ЗИП ТкМВП и ССВП зарегистрированы у 4 (21,6 %) пациентов, только ТкМВП – у 9 (47,4 %), только ССВП – у 6 (31,6 %).

При сравнении 2 групп пациентов с преходящими ЗИП – с ОЦИ и без нарастания НД – было выявлено статистически значимое преобладание в 1-й группе пациентов в состоянии III степени тяжести по шкале Hunt–Hess (42,9 % против 5,2 %), тогда как во 2-й группе преобладали пациенты в состоянии I и II степени тяжести (94,8 % против 57,2 %) ($p < 0,05$).

При анализе данных ультразвукового дуплексного сканирования экстра- и интракраниальных артерий в обеих группах выявлено статистически значимое нарастание пиковой систолической скорости кровотока в средней мозговой артерии (в группе с ОЦИ до операции – 100 (80–139) см/с, после операции – 175 (139–278) см/с ($p = 0,001$); в контрольной группе до операции – 100 (100–118) см/с, после операции – 150 (116–194) см/с ($p = 0,0001$)), а также индекса Линдегаарда (в группе с ОЦИ до операции – $2,5 \pm 0,7$, после операции – $3,5 \pm 1,1$ ($p = 0,01$); в контрольной группе до операции – $2,1 \pm 0,3$, после операции – $2,9 \pm 1,1$ ($p = 0,0002$)), однако различия между группами были статистически незначимы ($p = 0,092$).

Заключение. На данном этапе нельзя однозначно утверждать, что преходящие ЗИП по данным ИОНМ могут быть одним из факторов риска развития ОЦИ после клипирования разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга. Однако пациенты с преходящими ЗИП по данным ИОНМ, степень тяжести состояния которых при поступлении оценивается в 3 балла по шкале Hunt–Hess, статистически значимо чаще подвержены развитию ОЦИ.

Ключевые слова: интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, транскраниальные моторные вызванные потенциалы, соматосенсорные вызванные потенциалы, отсроченная церебральная ишемия

Для цитирования: Бобряков Н.А., Петров С.И., Середя Э.В. и др. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг у пациентов с отсроченной церебральной ишемией после клипирования разорвавшихся артериальных аневризм. Нейрохирургия 2024;26(2):26–36.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-26-36>

Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms

N.A. Bobriakov¹, S.I. Petrov^{1,2}, E.V. Sereda^{1,2}, A.G. Moskalev¹, A.A. Ponomarev¹, I.Yu. Kazankov¹, E.Yu. Sedova¹, E.N. Maksimova¹

¹Irkutsk Regional Clinical Hospital, winner of the “Mark of the Honor” award; 100 Yubileyny Dst., Irkutsk 664049, Russia;

²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia; 100 Yubileyny Dst., Irkutsk 664049, Russia

Contacts: Nikolay Alekseevich Bobriakov irkutsk102013@gmail.com

Aim. Research of significant changes in parameters (SCP) by intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) during clipping of ruptured cerebral aneurysms in patients with delayed cerebral ischemia (DCI) in the postoperative period.

Materials and methods. The study included 16 patients, 7 (43.8 %) men and 9 (56.2 %) women, aged 51.1 ± 9.3 years, who underwent clipping of ruptured cerebral aneurysms for the period 2016–2021, in which the neurological deficit (ND) remained at the preoperative level on the first postoperative day, but increased by the end of hospitalization. In order to study the factors leading to the development of DCI, 2 groups were identified with transient SCP according to IONM: with the development of DCI – 7 patients out of the above 16 patients, including 3 men (42.9 %) and 4 women (57.1 %), aged 49.6 ± 8.5 years; and control group – 19 patients, including 9 men (47.4 %) and 10 women (52.6 %), aged 46.2 ± 10.9 years, in whom ND did not increase on the first postoperative day and by the time of discharge. The groups did not differ significantly in age, sex, aneurysm location, rupture period, and baseline ND.

Results. In patients with DCI, in 9 cases (56.2 %), during the operation, SCP from the side of somatosensory evoked potentials (SSEP) and transcranial motor evoked potentials (TcMEP) was not registered, in 7 cases (43.8 %) transient SCP was registered, of which 3 patients (42.8 %) had TcMEP and SSEP, in 2 patients (28.6 %) – only TcMEP and in 2 patients (28.6 %) – only SSEP. In the control group, transient SCR of TcMEPs and SSEPs were registered in 4 patients (21.6 %), only TcMEPs – in 9 patients (47.4 %), only SSEPs – in 6 patients (31.6 %).

When comparing two groups of patients with transient SCR (DCI-group and control group), a statistically significant predominance was revealed in the first group of patients with severity 3 according to the Hunt–Hess scale (42.9 % vs 5.2 %), while in the second group patients of severity 1 and 2 prevailed (94.8 % vs 57.2 %) ($p < 0.05$). When analyzing the data of ultrasonic duplex scanning of extra- and intracranial arteries in both groups, a statistically significant increase in peak systolic blood flow velocity in the middle cerebral artery was revealed (in the group with DCI before surgery – 100 (80–139) cm/s, after surgery – 175 (139–278) cm/s ($p = 0.001$), in the control group before surgery – 100 (100–118) cm/s, after surgery – 150 (116–194) cm/s ($p = 0.0001$)), as well as the Lindegaard index (in the group with DCI before surgery – 2.5 ± 0.7 , after surgery – 3.5 ± 1.1 ($p = 0.01$), in the control group before surgery – 2.1 ± 0.3 , after surgery 2.9 ± 1.1 ($p = 0.0002$)), but the differences between the groups were not statistically significant ($p = 0.092$).

Conclusion. At this stage, it cannot be unequivocally stated that transient SCP according to IONM may be one of the risk factors for the development of DCI after clipping of ruptured cerebral aneurysms. However, patients with transient SCR according to IONM, whose severity at admission is estimated at 3 points on the Hunt–Hess scale, are statistically significantly more likely to develop DCI.

Keywords: intraoperative neurophysiological monitoring, transcranial motor evoked potentials, somatosensory evoked potentials, delayed cerebral ischemia

For citation: Bobriakov N.A., Petrov S.I., Sereda E.V. et al. Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms. *Neurokhirurgiya* = Russian Journal of Neurosurgery 2024;26(2):26–36. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-26-36>

ВВЕДЕНИЕ

Аневризматическое субарахноидальное кровоизлияние (САК) характеризуется экстравазацией крови в субарахноидальное пространство вследствие разрыва внутричерепной артериальной аневризмы и представляет собой разновидность геморрагического инсульта, связанного с высоким уровнем смертности и инвалидизации [1].

Отсроченная церебральная ишемия (ОЦИ) – возникновение очаговых неврологических нарушений или угнетение сознания на 2 и более балла по шкале комы Глазго продолжительностью не менее 1 ч, проявляющееся на 3-й и более день после аневризматического САК или не ранее чем на 2-е сутки после окклюзии аневризмы, а также выявление зоны инфаркта по данным мультиспиральной компьютерной томографии

(МСКТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга в течение 6 нед после аневризматического САК либо при последнем исследовании, сделанном до смерти в течение 6 нед, либо при аутопсии (но при отсутствии ее по данным МСКТ или МРТ, проведенных между 24 и 48 ч после ранней окклюзии аневризмы), не связанное с другими причинами [2]. ОЦИ признана одной из ведущих причин неблагоприятного исхода после САК. Общая распространенность ОЦИ у пациентов с аневризматическим САК составляет в среднем 29 (20–40) % и не снижается за последние 20 лет [1, 3, 4].

Несмотря на достижения в изучении патогенеза ОЦИ, до конца патологический механизм и все факторы риска этого феномена не изучены. Согласно текущему пониманию ОЦИ, это динамично развивающийся многофакторный процесс, в патогенезе которого ключевую роль играет рассогласование между повышенной потребностью мозговой ткани в кислороде, с одной стороны, и снижением либо отсутствием повышения уровня мозгового кровотока — с другой (см. рисунок) [5, 6].

Понимание точных механизмов, приводящих к развитию ОЦИ, важно для разработки новых тактик лечения [3]. Во избежание неоправданно длительного нахождения пациента в отделении интенсивной терапии профилактическое и терапевтическое лечение ОЦИ должно быть ориентировано прежде всего на тех, кто подвергается наибольшему риску. Таким образом, может быть полезным дифференцировать пациентов с аневризматическим САК в состоянии средней степени тяжести на группы с низким и высоким риском развития ОЦИ [7].

На сегодняшний день накоплены данные о клиническо-анамнестических, инструментальных, в том числе рентгенологических, ультразвуковых, электрофизиологических, а также биохимических и генетических предикторах развития ОЦИ [7–9]. При этом интраоперационные факторы риска развития ОЦИ изучены недостаточно.

Существенную роль в оценке регионарной церебральной перфузии в вовлеченном в патологический процесс бассейне кровоснабжения, а также оценке состояния функционально значимых зон головного мозга играет интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ). В литературе ранее сообщалось лишь о случаях развития ОЦИ без значимых изменений со стороны транскраниальных моторных вызванных потенциалов (ТкМВП) и соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) во время операции.

В 2017 г. F. Ghavami и соавт. опубликовали сообщение о случае перманентной потери коркового ответа ССВП у пациента во время рентгенэндоваскулярной окклюзии фузиформной частично тромбированной аневризмы Р2-сегмента правой задней мозговой артерии, у которого на 2-е сутки после операции наблюда-

лась преходящая слабость в левой руке, регрессировавшая после управляемого повышения среднего артериального давления, а на 3-и сутки, после отмены инотропной поддержки и перевода в общую палату, развился выраженный левосторонний гемипарез. По данным МРТ была выявлена зона ишемии в области правого зрительного бугра. В данном случае значимые изменения ССВП указывали на снижение мозгового кровотока, которое не проявлялось клинически благодаря управляемому повышению среднего артериального давления еще во время операции. Клинические проявления возникли лишь после отмены инотропной поддержки, что привело к усугублению фокальной ишемии [10].

В доступной литературе мы не нашли описания ни одного наблюдения развития в послеоперационном периоде ОЦИ в сочетании с преходящими значимыми изменениями ТкМВП и/или ССВП за время операции.

Цель исследования — изучение значимых изменений показателей (ЗИП), зарегистрированных при проведении ИОНМ во время клипирования аневризм сосудов головного мозга, осложненных разрывом, у пациентов с ОЦИ в послеоперационном периоде.

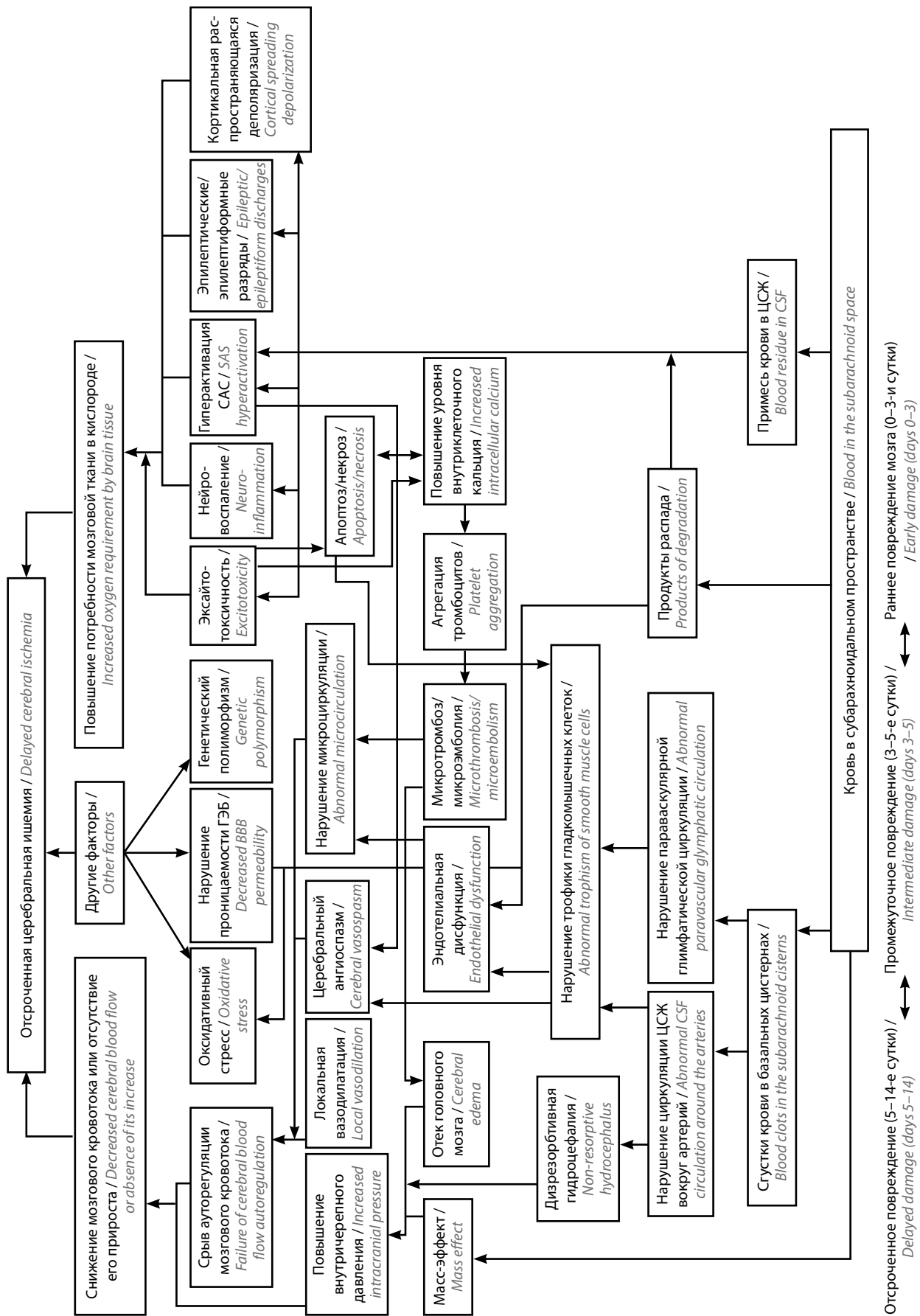
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ретроспективное исследование включены 16 пациентов (7 (43,8 %) мужчин и 9 (56,2 %) женщин) в возрасте $51,1 \pm 9,3$ года, оперированных по поводу разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга с применением ИОНМ в нейрохирургическом отделении Иркутской ордена «Знак Почета» областной клинической больницы в период 2016–2021 гг., у которых в 1-е послеоперационные сутки неврологический дефицит (НД) оставался на дооперационном уровне, но нарастал к моменту окончания госпитализации.

Основанием для включения в исследование являлись клинические критерии ОЦИ: возникновение очаговых неврологических симптомов и/или угнетение сознания на 2 и более балла по шкале комы Глазго продолжительностью не менее 1 ч на 2-е и более сутки после клипирования разорвавшихся аневризм сосудов головного мозга.

Критерии исключения: 1) наличие только инструментальных признаков вазоспазма по данным транскраниальной доплерографии или наличие гиподенсивных зон по данным МСКТ, но отсутствие клинических проявлений ОЦИ; 2) наличие других причин появления нового НД и/или угнетения сознания, выявленных с помощью клинической оценки, нейровизуализации и лабораторных исследований.

Из этого числа 5 (31,2 %) пациентов были с аневризмами передней мозговой/передней соединительной артерии, 9 (56,3 %) — с аневризмами внутренней сонной/средней мозговой артерии, 2 (12,5 %) — с множественными аневризмами. По данным МСКТ-ангиографии



Основные звенья патогенеза отсроченной церебральной ишемии (по данным [3, 6, 9, 11, 12]): САС – симпатoadrenalная система; ЦСЖ – цереброспинальная жидкость; ГЭБ – гематоэнцефальный барьер

Key points of the delayed cerebral ischemia pathogenesis (according to [3, 6, 9, 11, 12]). SAS – sympatho-adrenal system; CSF – cerebrospinal fluid; BBB – blood-brain barrier

в 4 (25,0 %) случаях виллизиев круг был нормального строения, а в 12 случаях (75,0 %) — разомкнутого типа, из них в 8 случаях — за счет гипо- и аплазии задних соединительных артерий, в 4 случаях — за счет гипо- и аплазии передней соединительной артерии.

У всех 16 пациентов клипированы разорвавшиеся аневризмы, из них в остром периоде — у 12 (75 %) человек, в подостром — у 4 (25 %) человек.

Оценка тяжести состояния пациентов с разорвавшимися аневризмами по шкале Hunt—Hess была следующей: I степени — у 6 (37,5 %) пациентов, II степени — у 3 (18,7 %), III степени — у 7 (43,8 %). Степень САК по шкале Fischer: I — у 2 (12,5 %) человек, II — у 3 (18,7 %), III — у 5 (31,3 %), IV — у 6 (37,5 %).

Временное клипирование несущей аневризму артерии средней продолжительностью 200 с (115–395 с) выполнялось в 8 (47,1 %) случаях, из них в 3 (37,5 %) случаях — многократное, в 5 (62,5 %) случаях — однократное.

Степень НД оценивали до операции при поступлении в стационар, на 3-и (1–13-е) сутки от момента разрыва, по истечении 1-х суток после операции, на 6-е (3–16-е) сутки от момента разрыва, при выписке, на 25-е (17–31-е) сутки от момента разрыва с помощью шкалы инсульта Национальных институтов здоровья США (NIHSS).

С целью изучения факторов, приводящих к развитию ОЦИ у пациентов с преходящими ЗИП по данным ИОНМ, мы сформировали контрольную группу из 19 человек (9 мужчин (47,4 %) и 10 (52,6 %) женщин) в возрасте 46 (41,0–54,5) лет, у которых за время операции также были зарегистрированы преходящие ЗИП, из них со стороны ТкМВП — у 9 (47,4 %) пациентов, ССВП — у 6 (31,6 %) пациентов, со стороны ТкМВП и ССВП — у 4 (21,6 %) пациентов, однако НД в 1-е послеоперационные сутки и к моменту выписки не нарастал.

Всем пациентам выполняли высокоразрешающее дуплексное сканирование экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий и транскраниальное ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) по стандартной методике с использованием портативных ультразвуковых систем Sonosite M-turbo (Fujifilm SonoSite Inc., Япония) и Sonoscape S8 (SonoScape Co. Ltd., Китай) электронными многочастотными широкополосными линейными датчиками с частотой сканирования от 5 до 9 МГц и широкополосными секторными (векторными) датчиками 1–4 МГц соответственно. При УЗДС экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий визуализировали и лоцировали внутренние сонные артерии в экстракраниальных отрезках (шейная часть, сегменты C1 по A. Bouthillier). При ультразвуковом исследовании в двухмерном серошкальном режиме, а также цветовом и спектральном доплеровских режимах оценивали проходимость внутренних сонных артерий. На прямолинейном участке без зон

физиологической и патологической турбулентности осуществляли оценку пиковой систолической скорости кровотока (ПССК). При транскраниальном УЗДС визуализировали и лоцировали цветовые картограммы потоков в средних мозговых артериях (сегменты M1 по A. Bouthillier). На всем протяжении, доступном для локализации, проводили оценку ПССК. Для дальнейшего расчета принимали максимальную зарегистрированную ПССК.

Индекс Линдегаарда (ИЛ) рассчитывали как отношение максимальной ПССК в средней мозговой артерии к ПССК в ипсилатеральной внутренней сонной артерии.

Ультразвуковое дуплексное сканирование проводили до операции и в раннем послеоперационном периоде ежедневно до перевода пациента из отделения реанимации в профильное отделение. В исследование для послеоперационного периода включали максимальные значения ПССК и ИЛ. Днем ухудшения по данным УЗДС считали сутки, на которые впервые после операции были зарегистрированы признаки ангиоспазма: увеличение ПССК до 120 см/с и более, повышение ИЛ до 3,0 и более, а также появление межполушарной асимметрии ПССК — 30 % и более.

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг ТкМВП и/или ССВП проводили с помощью 4-канального нейромонитора Viking Quest 11.0 (Nicolet Biomedical, США).

Во время клипирования аневризм передней циркуляции регистрировали ССВП с нижних конечностей (в ответ на стимуляцию большеберцового нерва) и ТкМВП с верхних и нижних конечностей с 2 сторон. Во время клипирования аневризм средней циркуляции регистрировали ССВП с контралатеральной верхней конечности (в ответ на стимуляцию срединного нерва) и ТкМВП с контралатеральных верхней и нижней конечностей. В случае множественных аневризм регистрировали ССВП и ТкМВП с верхних и нижних конечностей с 2 сторон.

При регистрации ССВП изменения показателей считали значимыми, если наблюдались полная потеря или снижение амплитуды коркового компонента N20–P25 на 50 % и более от исходных значений, зарегистрированных в момент выхода на базовый уровень глубины анестезии, соответствующий завершению трепанации черепа перед вскрытием твердой мозговой оболочки.

При регистрации ТкМВП изменения показателей считали значимыми, если наблюдались быстрая полная потеря или снижение амплитуды М-ответа на 50 % и более, не устранимые путем увеличения силы стимула на 20 мА или (в случае исходного применения стимула максимальной силы) путем фасилитации.

Перманентными считали вышеописанные изменения параметров, возникшие на любом этапе операции и сохранявшиеся к моменту ее завершения, преходящими — изменения, в случае которых значения

параметров к концу операции восстанавливались до исходных или допустимых значений.

У всех пациентов применяли эндотрахеальный наркоз, внутривенную анестезию (на основе инфузии пропофола в дозе 0,5–4 мг/кг/ч) без использования или в комбинации с ингаляционными анестетиками в небольшой концентрации (севофлуран 0,2 МАК). Анальгетический компонент обеспечивался непрерывной внутривенной инфузией фентанила в средней дозе 5–12 мкг/кг/ч. Миоплегию обеспечивали рокурнием только во время интубации трахеи в дозе 0,5 мг/кг, на всех последующих этапах анестезии и операции дополнительно миорелаксанты не использовали.

При развитии ЗИП ТкМВП и/или ССВП принимали меры по нейропротекции, включавшие орошение теплым физиологическим раствором, внутривенное болюсное введение цитиколина в дозе 2000 мг, повышение системного артериального давления, аппликацию папаверина в рану, изменение параметров искусственной вентиляции легких (увеличение содержания кислорода в дыхательной смеси, увеличение положительного давления в конце выдоха).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью онлайн-калькуляторов веб-ресурса <http://www.medstatistic.ru/>, <https://www.jamovi.org> и программы Microsoft Excel. Сравнение количественных показателей между группами осуществляли с помощью критерия Стьюдента в случае нормального распределения показателей или с помощью критерия Манна–Уитни в случае ненормального распределения. Для определения нормальности распределения данных в группах использовали тест Шапиро–Уилка. Распределение считали нормальным при значении $p \geq 0,05$. Сравнение групп по качественным показателям осуществляли с помощью точного критерия Фишера и критерия χ^2 . Исследование динамики в группах проводили с использованием критерия Стьюдента и критерия МакНемара. Все различия считали значимыми при $p < 0,05$. Количественные данные в случае ненормального распределения представлены в виде $Me (Q_1-Q_3)$, где Me – медиана, Q_1 – первый квартиль, Q_3 – третий квартиль, в случае нормального распределения – как $M \pm \sigma$, где M – среднее значение, σ – стандартное отклонение. Качественные показатели представлены в виде абсолютных и относительных частот.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов с ОЦИ средний показатель по шкале NIHSS до операции составил 1 (0–5) балл, в 1-е сутки после операции – 1 (0–4,5) балл, к моменту окончания госпитализации – 7 (1,0–26,5) баллов.

Летальный исход произошел в 4 (25,0 %) случаях, тяжелый НД наблюдался в 1 (6,25 %) случае, умеренный НД – в 6 (37,5 %) случаях, легкий НД –

в 5 (31,25 %) случаях. У 2 (12,5 %) пациентов НД носил транзиторный характер, у 14 (87,5 %) – перманентный характер.

По данным контрольной МСКТ в 8 (50,0 %) случаях визуализированы очаги ишемии, в 5 (31,25 %) случаях – очаги ишемии с вторичной геморрагической трансформацией, в 3 (18,75 %) случаях очаговой патологии выявлено не было.

При проведении ИОНМ у пациентов с ОЦИ в 9 (56,2 %) случаях за время операции ЗИП со стороны ССВП и ТкМВП не зарегистрированы, в 7 (43,8 %) случаях зарегистрированы переходящие ЗИП, из них у 3 (42,8 %) пациентов – со стороны ТкМВП и ССВП, у 2 (28,6 %) – только со стороны ТкМВП, у 2 (28,6 %) – только со стороны ССВП. В 3 (42,8 %) случаях ЗИП возникали после постоянного клипирования, в 2 (28,6 %) случаях – на этапе временного клипирования и в 2 (28,6 %) случаях – на этапе мобилизации аневризмы.

По данным УЗДС до операции у 11 (68,75 %) пациентов скоростные показатели были в пределах референсных значений. У 5 (31,25 %) пациентов выявлены признаки ангиоспазма, в этих случаях применялась выжидательная тактика, оперативное лечение проводилось лишь после нормализации скоростных показателей.

Нарастание степени НД наблюдалось в среднем на 3-и (2,0–4,5-е) сутки после операции, что соответствует срокам ухудшения показателей по данным УЗДС – на 2-е (2,0–4,5-е) сутки.

Таким образом, интересующая нас группа – с переходящими ЗИП по данным ИОНМ и последующим развитием ОЦИ – представлена 7 пациентами, в том числе 3 (42,9 %) мужчинами и 4 (57,1 %) женщинами, в возрасте $49,6 \pm 8,5$ года. При сравнении этой группы пациентов с контрольной группой не выявлено статистически значимых различий по возрасту (критерий Стьюдента, $p = 0,899$), полу (критерий χ^2 , $p = 0,350$), локализации аневризмы (критерий χ^2 , $p = 0,615$), периоду разрыва (критерий χ^2 , $p = 0,831$) и исходному уровню НД (критерий Манна–Уитни, $p = 0,074$) (табл. 1).

К моменту завершения госпитализации уровень НД по шкале NIHSS был статистически значимо выше в группе с ОЦИ (7 (1,0–26,5) баллов) по сравнению с контрольной группой (0 (0–0) баллов) (критерий Манна–Уитни, $p = 0,037$, $p < 0,05$).

При сравнении 2 групп выявлены статистически значимые различия в степени тяжести состояния при САК по шкале Hunt–Hess: в группе с ОЦИ выше доля пациентов с III степенью тяжести (42,9 % против 5,2 %), в контрольной группе – со II степенью (63,2 % против 14,3 %) (критерий χ^2 , $p = 0,026$, $p < 0,05$). При этом не выявлено статистически значимых различий между группами по степени САК по шкале Fischer (критерий χ^2 , $p = 0,179$). Не обнаружено значимых различий по количеству пациентов, которым выполнялось временное

Таблица 1. Сравнительная характеристика групп пациентов, у которых по данным интраоперационного нейрофизиологического мониторинга зарегистрированы преходящие значимые изменения показателей**Table 1.** Comparative characteristics of patients groups with transient significant response changes, according to intraoperative neurophysiological monitoring data

Параметр Parameter	Группа с ОЦИ ($n = 7$) DCI group ($n = 7$)	Контрольная группа (без нарастания НД) ($n = 19$) Control group (without increasing of ND) ($n = 19$)	p
Возраст, лет Age, years	$49,6 \pm 8,5$	$46,2 \pm 10,9$	0,899
Пол, n (%): Sex n (%): мужской male женский female	3 (42,9) 4 (57,1)	9 (47,4) 10 (52,6)	0,350
Длительность пребывания в стационаре, дней Length of stay in hospital, days	$16,7 \pm 6,3$	$18,6 \pm 8,4$	0,796
Локализация аневризмы, n (%): Localization of aneurysm, n (%): передняя циркуляция anterior circulation средняя циркуляция middle circulation множественные multiple	4 (57,1) 2 (28,6) 1 (14,3)	13 (68,4) 6 (31,6) 0	0,615
Период разрыва, n (%): Period of rupture n (%): острый acute подострый subacute холодный remote	6 (85,7 %) 1 (14,3 %) 0	15 (78,9) 3 (15,8) 1 (5,3)	0,831
Степень тяжести состояния по шкале Hunt–Hess, n (%): Severity on the Hunt–Hess scale, n (%): I II III	3 (42,9) 1 (14,3) 3 (42,9)	6 (31,6) 12 (63,2) 1 (5,2)	0,026*
Степень САК по шкале Fischer, n (%): Severity of SAH on the Fischer scale, n (%): I II III IV	1 (14,2) 2 (28,6) 2 (28,6) 2 (28,6)	3 (15,7) 4 (21,1) 8 (42,1) 4 (21,1)	0,179
Оценка по шкале NIHSS, баллы: NIHSS, score: при поступлении initial при выписке final	1 (0–10) 5 (0,5–31,0)	1 (0–2) 0 (0–0)	0,074 0,037**
Временное клипирование аневризмы, n (%): Temporary clipping of aneurysm, n (%): да yes нет no	5 (71,4) 2 (28,6)	14 (73,7) 5 (26,3)	0,939
Продолжительность временного клипирования, с Temporary clipping duration, s	263,5 (151,25–480,0)	150 (106,5–235,0)	0,091

*Различия статистически значимы по критерию χ^2 ; **различия статистически значимы по критерию Манна–Уитни.*Statistically significant differences according to the χ^2 criterion; **statistically significant differences according to the Mann–Whitney test.**Примечание.** ОЦИ – отсроченная церебральная ишемия; НД – неврологический дефицит; САК – субархноидальное кровоизлияние; NIHSS – шкала тяжести инсульта Национальных институтов здоровья.**Note.** DCI – delayed cerebral ischemia; ND – neurological deficit; SAC – subarchnoid hemorrhage; NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale.

клипирование несущей аневризму артерии (критерий χ^2 , $p = 0,939$), а также по продолжительности временного клипирования (критерий Манна–Уитни, $p = 0,091$).

Со стороны нейрофизиологических показателей также не выявлено статистически значимых различий по модальности, со стороны которой наблюдались ЗИП (критерий χ^2 , $p = 0,511$), периоду операции, за время которого они наблюдались (критерий χ^2 , $p = 0,773$), а также по длительности снижения амплитуды ответа на 50 % и более (критерий Манна–Уитни, $p = 0,762$ (табл. 2).

При анализе данных УЗДС в обеих группах выявлено статистически значимое увеличение числа пациентов с признаками ангиоспазма в послеоперационном периоде, при этом в контрольной группе исходно не было ни одного пациента с признаками ангиоспазма (в группе ОЦИ ангиоспазм до операции наблюдался у 37,5 %, после операции – у 100 % пациентов, в контрольной группе до операции ангиоспазм не наблюдался (0 % пациентов), после операции – у 63,2 % пациентов (критерий МакНемара, $p < 0,01$)). В обеих группах выявлено статистически значимое нарастание ПССК в средних мозговых артериях (в группе с ОЦИ до операции – 100 (80–139) см/с, после операции – 175 (139–278) см/с (критерий Манна–Уитни, $p = 0,001$), в контрольной группе до операции – 100 (100–118) см/с, после операции – 150 (116–194) см/с (критерий Манна–Уитни, $p = 0,0001$)), а также ИЛ (в группе с ОЦИ до операции – $2,5 \pm 0,7$, после операции – $3,5 \pm 1,1$ (критерий Стьюдента, $p = 0,01$), в контрольной группе до операции $2,1 \pm 0,3$, после операции – $2,9 \pm 1,1$ (критерий Стьюдента, $p = 0,0002$)) без статистически значимых различий между группами. В послеоперационном периоде значения ПССК в средних мозговых артериях, а также ИЛ были выше в группе ОЦИ по сравнению с контрольной группой, однако эта разница была статистически незначимой (критерий Манна–Уитни, $p = 0,092$; критерий Стьюдента, $p = 0,071$ соответственно; $p > 0,05$) (табл. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании у 46,2 % пациентов с ОЦИ интраоперационно зарегистрированы преходящие ЗИП со стороны ТкМВП и/или ССВП в виде снижения амплитуды ответов на 50 % и более средней продолжительностью 7 (5–10) мин. Этот факт, ранее не освещенный в доступной нам литературе, заставил нас выдвинуть предположение о немаловажной роли данного явления в патогенезе ОЦИ. В недавних ретроспективных клинических исследованиях на модели каротидной эндартерэктомии было показано, что ЗИП по данным ИОНМ могут свидетельствовать о снижении цереброваскулярного резерва – способности мозгового кровяного русла увеличивать кровоток в ответ на различные физиологические и фармакологические раздражители, что является одним из ключевых

звеньев патогенеза ОЦИ и фактором риска развития отдаленных инсультов [13]. Обратимость ЗИП обусловлена как включением физиологических компенсаторных механизмов, так и проведением комплекса лечебных мероприятий уже во время операции.

По данным литературы, положительная прогностическая ценность развития НД в 1-е сутки после операции для преходящей потери ТкМВП составила 31 %, а преходящая полная потеря коркового компонента N20 ССВП с верхних конечностей оказалась прогностически даже более неблагоприятной (отношение шансов 7,55), чем критическое снижение амплитуды и увеличение латентности его на момент окончания операции (отношение шансов 5,63) [14].

Тем не менее далеко не во всех случаях наличие преходящих ЗИП по данным ИОНМ является предиктором развития ОЦИ, равно как и отсутствие преходящих ЗИП по данным ИОНМ более чем в половине случаев не гарантирует, что у пациента не нарастет отсроченный НД. Мы допускаем, что наличие преходящих ЗИП по данным ИОНМ в некоторых случаях может быть маркером снижения цереброваскулярного резерва, что при наличии других патогенетических факторов может привести к отсроченному нарастанию НД в послеоперационном периоде, однако утверждать это на данном этапе мы не готовы ввиду малого количества наблюдений.

Учитывая мультифакторную природу ОЦИ (см. рисунок), из всей выборки пациентов с отсроченным нарастанием НД мы отдельно выделили группу с наличием преходящих ЗИП по данным ИОНМ. При сравнении 2 групп пациентов с преходящими ЗИП по данным ИОНМ – с ОЦИ и без нарастания НД – было выявлено статистически значимое преобладание в 1-й группе пациентов в состоянии III степени тяжести по шкале Hunt–Hess, тогда как во 2-й группе преобладали пациенты в состоянии I и II степеней тяжести. При этом не было статистически значимых различий в оценках по шкале Fischer. Соответственно, пациенты, степень тяжести состояния которых до операции оценивается в 3 балла по шкале Hunt–Hess, нуждаются в более длительном наблюдении в условиях отделения реанимации даже при стабильном состоянии в послеоперационном периоде.

По данным УЗДС в обеих группах пациентов в послеоперационном периоде на 3–4-е сутки статистически значимо нарастает ПССК и ИЛ до уровня умеренного ангиоспазма по классификации А.Р. Шахновича (ПССК – 120–200 см/с). При этом в группе пациентов с ОЦИ в послеоперационном периоде отмечались более высокие абсолютные значения ПССК (175 (139–278) см/с), а также ИЛ ($3,5 \pm 1,1$), чем показатели ПССК (150 (116–194) см/с) и ИЛ ($2,9 \pm 1,1$) в контрольной группе, однако эти различия не являются статистически значимыми. Вполне вероятно, что они еще не достигли своей значимости ввиду малого объема выборки. Данный факт позволяет предположить, что у всей когорты пациентов

Таблица 2. Характеристика преходящих значимых изменений нейрофизиологических показателей во время операции в группе с отсроченной церебральной ишемией и контрольной группе**Table 2.** Characteristics of transient significant neurophysiological response changes during operation in the delayed cerebral ischemia group vs control group

Параметр Parameter	Группа с ОЦИ (<i>n</i> = 7) DCI group (<i>n</i> = 7)	Контрольная группа (без нарастания НД) (<i>n</i> = 19) Control group (without increasing of ND) (<i>n</i> = 19)	<i>p</i>
Модальность ЗИП, <i>n</i> (%): Modality of TSR, <i>n</i> (%):			
ТкМВП	2 (28,6)	9 (47,4)	0,511
TcMEP			
ССВП	2 (28,6)	6 (31,6)	
SSEP			
ТкМВП + ССВП	3 (42,8)	4 (21,6)	
TcMEP + SSEP			
Время ухудшения, мин Time of worsening, min	7 (5–10)	10 (7,5–12,0)	0,762
Период ухудшения, <i>n</i> (%): Period of worsening, <i>n</i> (%):			
выделение аневризмы aneurysm mobilization	2 (28,6)	3 (15,8)	0,773
временное клипирование temporary clipping	2 (28,6)	5 (26,3)	
после постоянного клипирования after final clipping	3 (42,8)	9 (47,4)	
несколько этапов several periods	0	2 (10,5)	

Примечание. ОЦИ – отсроченная церебральная ишемия; НД – неврологический дефицит; ТкМВП – транскраниальные моторные вызванные потенциалы; ССВП – соматосенсорные вызванные потенциалы.

Note. DCI – delayed cerebral ischemia; ND – neurological deficit; TcMEP – transcranial motor evoked potentials; SSEP – somatosensory evoked potentials.

Таблица 3. Показатели ультразвукового дуплексного сканирования (УЗДС) у пациентов с преходящими изменениями по данным интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в группе с отсроченной церебральной ишемией и в контрольной группе**Table 3.** Ultrasound duplex scanning (USDS) parameter value in patients with transient significant response changes, according to intraoperative neurophysiological monitoring data, in the group with delayed cerebral ischemia and in the control group

Параметр Parameter	Группа с ОЦИ (<i>n</i> = 7) DCI group (<i>n</i> = 7)	Контрольная группа (без нарастания НД) (<i>n</i> = 19) Control group (without increasing of ND) (<i>n</i> = 19)	<i>p</i>
Нормальные показатели УЗДС, <i>n</i> (%): USDS normal values <i>n</i> (%):			
до операции before surgery	4 (57,1)	19 (100)	>0,05
после операции after surgery	0 (0)*	7 (36,8)*	
Ангиоспазм по данным УЗДС, <i>n</i> (%): USDS signs of angiospasm, <i>n</i> (%):			
до операции before surgery	3 (37,5)	0 (0)	>0,05
после операции after surgery	7 (100)**	12 (63,2)**	
День ухудшения показателей УЗДС Day of USDS data worsening	2 (1,5–2,5)	3 (2–4)	>0,05
Индекс Линдегаарда: Lindegaard index:			
перед операцией before surgery	2,5 ± 0,7	2,1 ± 0,3	0,08
после операции after surgery	3,5 ± 1,1	2,9 ± 1,1	0,09
Пиковая систолическая скорость кровотока по средней мозговой артерии, см/с: Peak systolic blood flow velocity in middle cerebral artery, cm/s:			
перед операцией before surgery	100 (80–139)	100 (100–118)	0,81
после операции after surgery	175 (139–278)	150 (116–194)	0,092

Окончание табл. 3

End of table 3

Параметр Parameter	Группа с ОЦИ (<i>n</i> = 7) DCI group (<i>n</i> = 7)	Контрольная группа (без нарастания НД) (<i>n</i> = 19) Control group (without increasing of ND) (<i>n</i> = 19)	<i>p</i>
-----------------------	--	---	----------

*Статистически значимое снижение числа пациентов с нормальными скоростными показателями по данным УЗДС по критерию МакНемара ($p < 0,001$); **статистически значимое увеличение числа пациентов с ангиоспазмом по данным УЗДС по критерию МакНемара ($p < 0,01$).

*Statistically significant decrease in the number of patients with normal linear blood flow velocity by ultrasound, according to the McNemar criterion ($p < 0.001$);

**statistically significant increase in the number of patients with angiospasm by ultrasound, according to the McNemar criterion ($p < 0.01$).

с проходящими ЗИП по данным ИОНМ действуют сходные патогенетические механизмы, в том числе имеется снижение в той или иной степени цереброваскулярного резерва, которое достигает клинической значимости с течением времени у пациентов с более высокими значениями ПССК, приближающимися к уровню тяжелого ангиоспазма. Патопизиологию этого феномена нельзя полностью объяснить на основании ретроспективных данных, необходимо проведение дальнейших клинических и экспериментальных многоцентровых исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе нельзя однозначно утверждать, что проходящие ЗИП по данным ИОНМ могут быть

одним из факторов риска развития ОЦИ после клипирования разорвавшихся церебральных артериальных аневризм. Для подтверждения этой гипотезы необходимо дальнейшее изучение интраоперационных факторов риска развития ОЦИ. Однако пациенты с проходящими и перманентными ЗИП по данным ИОНМ, степень тяжести которых при поступлении оценивается в 3 и более баллов по шкале Hunt—Hess, статистически значимо чаще подвержены развитию ОЦИ в сравнении с пациентами в состоянии I и II степеней тяжести. Соответственно, таким пациентам требуется более длительное наблюдение в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии ввиду высокого риска отсроченного нарастания НД.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Zhang Y.B., Zheng F., Stavrinou L. et al. Admission serum iron as an independent risk factor for postoperative delayed cerebral ischemia following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a propensity-matched analysis. *Brain Sci* 2022;12(9):1183. DOI: 10.3390/brainsci12091183
- Vergouwen M.D., Vermeulen M., van Gijn J. et al. Definition of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage as an outcome event in clinical trials and observational studies: proposal of a multidisciplinary research group. *Stroke* 2010;41(10):2391–5. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.589275
- Budohoski K.P., Guilfoyle M., Helmy A. et al. The pathophysiology and treatment of delayed cerebral ischemia following subarachnoid hemorrhage. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2014;85(12):1343–53. DOI: 10.1136/jnnp-2014-307711
- Rigante L., van Lieshout J.H., Vergouwen M.D. et al. Time trends in the risk of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Neurosurg Focus* 2022;52(3):E2. DOI: 10.3171/2021.12.FOCUS21473
- Scherschinski L., Catapano J.S., Karahalios K. et al. Electroencephalography for detection of vasospasm and delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective analysis and systematic review. *Neurosurg Focus* 2022;52(3):E3. DOI: 10.3171/2021.12.FOCUS21656
- Suzuki H., Kawakita F., Asada R. Neuroelectric mechanisms of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Int J Mol Sci* 2022;23(6):3102. DOI: 10.3390/ijms23063102
- Rautalin I., Juvela S., Martini M.L. et al. Risk factors for delayed cerebral ischemia in good-grade patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Am Heart Assoc* 2022;11(23):e027453. DOI: 10.1161/JAHA.122.027453
- Castillo J.L., Reyes S.P., Gutiérrez R. et al. [Quantitative electroencephalogram for prediction of delayed ischemia in subarachnoid haemorrhage. Report of one case (In Spanish)]. *Rev Med Chil* 2021;149(9):1377–81. DOI: 10.4067/S0034-98872021000901377
- Синкин М.В., Каймовский И.Л., Комольцев И.Г. и др. Электроэнцефалография в остром периоде инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова* 2020;120(8–2):10–6. DOI: 10.17116/jnevro202012008210
- Sinkin M.V., Kaimovsky I.L., Komoltsev I.G. et al. Electroencephalography in acute stroke. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry* 2020;120(8–2):10–6. (In Russ.).
- Ghavami F., Choudhri O., Marks M., López J.R. Intraoperative neurophysiologic monitoring (IONM) changes associated with a case of delayed thalamic infarct: implications for postoperative management. *J Clin Neurosci* 2018;47:139–42. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.10.035
- Хирургия аневризм головного мозга. Под ред. В.В. Крылова. В 3 томах. Т. I. М., 2011. 432 с.
- Surgery of cerebral aneurysms. Ed. by V.V. Krylov. In three volumes. Vol. I. Moscow, 2011. 432 p. (In Russ.).
- Dodd W.S., Laurent D., Dumont A.S. et al. Pathophysiology of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: a review. *J Am Heart Assoc* 2021;10(15):e021845. DOI: 10.1161/JAHA.121.021845
- Domenick Sridharan N., Chaer R.A., Thirumala P.D. et al. Somatosensory evoked potentials and electroencephalography during carotid endarterectomy predict late stroke but not death. *Ann Vasc Surg* 2017;38:105–12. DOI: 10.1016/j.avsg.2016.07.064
- Kashkoush A.I., Jankowitz B.T., Nguyen C. et al. Perioperative stroke after cerebral aneurysm clipping: risk factors and postoperative impact. *J Clin Neurosci* 2017;44(10):188–95. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.06.030

Вклад авторов

Н.А. Бобряков: разработка дизайна исследования, проведение интраоперационного нейрофизиологического мониторинга, получение данных для анализа, обработка полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

С.И. Петров, А.Г. Москалев: проведение операций, курирование пациентов, выполнение инструментальных диагностических исследований, получение данных для анализа, обработка полученных данных, научное редактирование, научное консультирование;

Э.В. Серeda: проведение операций, курирование пациентов, выполнение инструментальных диагностических исследований, получение данных для анализа, обработка полученных данных, написание текста статьи, научное редактирование, научное консультирование;

А.А. Пономарев: проведение операций, ассистирование, выполнение инструментальных диагностических исследований, курирование пациентов, получение данных для анализа, обработка полученных данных;

И.Ю. Казанков: разработка дизайна исследования, проведение операций, ассистирование, выполнение инструментальных диагностических исследований, курирование пациентов, получение данных для анализа, обработка полученных данных;

Е.Ю. Седова: выполнение инструментальных диагностических исследований, получение данных для анализа, обработка полученных данных, написание текста статьи;

Е.Н. Максимова: анестезиологическое пособие при оперативных вмешательствах, курирование пациентов, получение данных для анализа, написание текста статьи.

Authors' contributions

N.A. Bobriakov: developing the research design, performing intraoperative neuromonitoring, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, reviewing of publications on the topic of the article, article writing;

S.I. Petrov, A.G. Moskaev: performing operations, supervision of patients, instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, scientific editing, scientific advice;

E.V. Sereda: performing operations, supervision of patients, instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing, scientific editing, scientific advice;

A.A. Ponomarev: performing operations, assisting in surgery, instrumental diagnostics, supervision of patients, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;

I.Yu. Kazankov: developing the research design, performing operations, assisting in surgery, instrumental diagnostics, supervision of patients, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;

E.Yu. Sedova: instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;

E.N. Maksimova: anesthetic support for surgical interventions, supervision of patients, obtaining data for analysis, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

Н.А. Бобряков / N.A. Bobriakov: <https://orcid.org/0000-0003-3818-2957>

С.И. Петров / S.I. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-5132-5417>

Э.В. Серeda / E.V. Sereda: <https://orcid.org/0000-0003-4288-4126>

А.Г. Москалев / A.G. Moskaev: <https://orcid.org/0000-0002-7360-8856>

А.А. Пономарев / A.A. Ponomarev: <https://orcid.org/0000-0003-0969-9244>

И.Ю. Казанков / I.Yu. Kazankov: <https://orcid.org/0000-0002-2502-7184>

Е.Ю. Седова / E.Yu. Sedova: <https://orcid.org/0000-0003-0017-4791>

Е.Н. Максимова / E.N. Maksimova: <https://orcid.org/0000-0002-7013-6689>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ГБУЗ «Иркутская область» областного клиническая больница» (протокол № 68 от 26.04.2016). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Irkutsk Regional Clinical Hospital with the Order of the Badge of Honor (protocol No. 68 from 26.04.2016). All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 30.03.2023. **Принята к публикации:** 25.01.2024.

Article submitted: 30.03.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ОПУХОЛЯМИ ГЛИАЛЬНОГО РЯДА С ЭПИЛЕПТИЧЕСКИМИ ПРИСТУПАМИ

К.А. Чижова¹, Д.А. Гуляев^{1,2}, И.И. Корепанов¹, И.Ю. Белов^{1,2}, И.А. Курносов², В.Ю. Чиркин¹, К.А. Сулин¹, И.В. Чистова³, И.В. Яковенко³

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2;

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; Россия, 197758 Санкт-Петербург, ул. Ленинградская, 68;

³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; Россия, 191015 Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

Контакты: Ксения Александровна Чижова k.a.chizhova98@gmail.com

Введение. Эпилептические приступы возникают у 50–90 % пациентов с полушарными опухолями глиального ряда низкой степени злокачественности и у 20–60 % больных с глиобластомами. Наличие структурной эпилепсии – один из ведущих факторов, влияющих на качество жизни данной когорты пациентов. Изучение факторов риска формирования и персистенции структурной эпилепсии после хирургической резекции может способствовать наиболее адекватному оказанию помощи таким больным в отношении свободы от приступов и продолжительности безрецидивного периода.

Цель исследования – изучение особенностей эпилептических приступов до хирургического лечения, в раннем и отдаленном послеоперационных периодах у больных с глиальными опухолями больших полушарий головного мозга.

Материалы и методы. Больным ($n = 184$) с гистологически верифицированными глиомами было выполнено тотальное или не тотальное микрохирургическое удаление опухоли. Радикальность резекции оценивали через 1 мес после операции. Наблюдение проводилось в течение 5 лет.

Результаты. Все пациенты были разделены на 4 группы: 1-ю группу составили 102 (55,42 %) пациента, у которых приступы регрессировали после операции; 2-я группа включала 2 пациентов с впервые возникшими приступами после операции – в 1 (0,54 %) случаев в раннем и в 1 (0,54 %) – в позднем послеоперационном периоде; 3-я группа включала 23 (12,5 %) пациентов с приступами как до, так и после операции; 4-я группа – 57 (31 %) пациентов без приступов. Тотальная резекция достоверно чаще имела место в группе с купированием приступов – у 79 (77,4 %) пациентов. Динамика течения приступов не зависела от их изначального характера и частоты. У 24 (70,6 %) пациентов с вновь возникшими приступами развился рецидив опухоли, из них у 15 (62,5 %) больных рецидив приступов возник раньше, чем рецидив опухоли по критериям RANO.

Заключение. Наиболее часто структурная эпилепсия встречается при глиомах низкой степени злокачественности. Тотальная резекция позволяет увеличить продолжительность жизни и повысить ее качество благодаря контролю над приступами. Эффективность адъювантного лечения данной когорты больных напрямую взаимосвязана с результатами лечения структурной эпилепсии.

Ключевые слова: глиомы, структурная эпилепсия, хирургическое лечение, тотальная резекция

Для цитирования: Чижова К.А., Гуляев Д.А., Корепанов И.И. и др. Результаты хирургического лечения больных с опухолями глиального ряда с эпилептическими приступами. Нейрохирургия 2024;26(2):37–43.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-37-43>

Postoperative outcomes of tumor-associated epileptic seizures in glioma patients

K.A. Chizhova¹, D.A. Gulyaev^{1,2}, I.I. Korepanov¹, I.Yu. Belov^{1,2}, I.A. Kurnosov², V.Yu. Chirkin¹, K.A. Sulin¹, I.V. Chistova³, I.V. Yakovenko³

¹V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia;

²N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; 68 Leningradskaya, St. Petersburg 197758, Russia;

³I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Ministry of Health of Russia; 41 Kirochnaya St., St. Petersburg 191015, Russia

Contacts: Kseniya Alexandrovna Chizhova k.a.chizhova98@gmail.com

Background. Epileptic seizures occur in 50–90 % of patients with low-grade glioma and in 20–60 % of patients with glioblastoma. The presence of tumor-associated epilepsy is one of the leading criteria affecting the quality of life of this cohort of patients. The study of risk factors for the formation and persistence of tumor-associated epilepsy after surgical resection can contribute to the most adequate care for such patients in terms of freedom from seizures and the duration of the relapse-free period.

Aim. To study the features of epileptic seizures before surgical treatment, in remote cases of the postoperative period in patients with glioma.

Materials and methods. Patients ($n = 184$) with histologically verified gliomas underwent total or non-total microsurgical removal of the tumor. The radicality of resection was assessed 1 month after the operation. The observation was carried out for 5 years.

Results. All patients were divided into 4 groups. The 1st group consisted of 102 (55.42 %) patients whose seizures regressed after surgery; the 2nd group included 2 patients with the first seizures after surgery – 1 (0.54 %) in the early and 1 (0.54 %) in the late postoperative period; the 3rd group – 23 (12.5 %) patients with seizures both before and after surgery; the 4th group – 57 (31 %) patients without seizures. Total resection was performed significantly more often in the group with regressed seizures – in 79 (77.4 %) patients. The dynamics of the course of seizures did not depend on their initial nature and frequency. Twenty four (70.6 %) patients with new seizures had tumor recurrence, of which 15 (62.5 %) patients had seizure recurrence earlier than tumor recurrence based on RANO criteria.

Conclusion. Tumor-associated epilepsy is most common in low-grade gliomas. Total resection allows to increase life expectancy and improve its quality by controlling seizures. The effectiveness of adjuvant treatment of this cohort of patients is directly related to the results of treatment of tumor-associated epilepsy.

Keywords: tumor-associated epilepsy, glioma, surgical resection, gross-total resection

For citation: Chizhova K.A., Gulyaev D.A., Korepanov I.I. et al. Postoperative outcomes of tumor-associated epileptic seizures in glioma patients. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):37–43. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-37-43>

ВВЕДЕНИЕ

Эпилептические приступы возникают у 50–90 % пациентов с полушарными опухолями глиального ряда низкой степени злокачественности и у 20–60 % больных с глиобластомами [1]. Наличие структурной эпилепсии – один из ведущих факторов, влияющих на качество жизни данной когорты пациентов как до хирургического вмешательства, так и в послеоперационном периоде. Механизмы ее возникновения при первичных опухолях головного мозга различны, не до конца изучены и зависят от гистологического варианта опухоли и ее микроокружения [2]. Эпилептические приступы считают благоприятным прогностическим фактором, связанным с более высокой ожидаемой продолжительностью жизни этих больных [3]. Однако более чем в половине случаев опухолеассоциированная структурная эпилепсия является фармакорезистентной и сопряжена с когнитивными нарушениями [4]. В таких случаях длительный прием противоэпилептических препаратов (ПЭП) даже в сочетании с хирургической резекцией не всегда позволяет обеспечить контроль над приступами. Эти больные страдают от эпилепсии и побочных эффектов антиконвульсантов, часто снижающих эффективность химиотерапевтических препаратов, в итоге получая не только специфические неврологические повреждения в виде интеллектуально-мнестических нарушений, но и онкологические проблемы в виде утраты локального контроля.

Сочетанное онконеврологическое повреждение обусловлено в том числе тесной взаимосвязью между

механизмами эпилептогенеза и онкогенеза глиом. На это указывают общие патогенетические механизмы, такие как измененная передача глутамата, гамма-аминомасляной кислоты, нарушение механизма сигнального пути mTOR [5]. Одним из основных генетических изменений считается мутация гена *IDH*, связанная со способностью индуцировать метаболические эпилептогенные изменения и действием продукта этого гена как аутокринного фактора роста опухоли путем стимуляции NMDA-рецепторов и увеличения подвижности клеток опухоли [6].

Таким образом, изучение факторов риска формирования структурной эпилепсии в раннем послеоперационном периоде и персистенции симптоматики в процессе динамического наблюдения после хирургической резекции, безусловно, может способствовать наиболее адекватному оказанию помощи таким больным в отношении свободы от приступов и продолжительности безрецидивного периода.

Цель исследования – изучение особенностей эпилептических приступов до хирургического лечения, в раннем и отдаленном послеоперационных периодах у больных с глиальными опухолями больших полушарий головного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января 2016 г. по декабрь 2022 г. нами проведено проспективное одноцентровое контролируемое исследование. В отделении нейрохирургии № 5 НМИЦ им. В.А. Алмазова были отобраны 203 пациента

с глиомами различной степени злокачественности, из них не удалось проследить катамнез у 19 (9,36 %) больных. Таким образом, под нашим наблюдением находились 184 пациента с глиомами низкой и высокой степени злокачественности в возрасте от 18 до 79 лет (медиана возраста 46 лет, нижний (Q_1) и верхний (Q_3) квартили — 34 и 55,25 года). Распределение пациентов по полу было следующим: 85 (46,2 %) женщин и 99 (53,8 %) мужчин. Все вошедшие в исследование пациенты прооперированы в период с января 2016 г. по декабрь 2017 г.

Всем пациентам было выполнено микрохирургическое удаление опухоли. При оценке радикальности резекции наиболее значимым фактором, на наш взгляд, является не процент удаленной опухоли, а объем остаточной части новообразования, поскольку при большем исходном различии объемных параметров и схожей степени резекции, выраженной в процентном отношении, размеры остаточной части опухоли могут значительно различаться. В связи с этим мы разделили наших пациентов на группы с тотальной и не тотальной резекцией опухоли.

Радикальность резекции оценивали через 1 мес после операции с использованием магнитно-резонансной томографии головного мозга с контрастным усилением в стандартных режимах. Опухоль считали тотально удаленной в случае отсутствия каких-либо участков контрастирования, любой другой вариант расценивали как не тотальное удаление.

Гистологический диагноз был верифицирован на постоянных препаратах как при стандартном окрашивании, так и с использованием иммуногистохимических методов исследования. На этапе предварительной обработки данных в связи с обновлением номенклатуры данные пациентов были приведены к единой классификации опухолей центральной нервной системы Всемирной организации здравоохранения (WHO CNS5) 2021 г.

Эпилептические приступы у пациентов до и после операции классифицировали по рекомендациям Международной противоэпилептической лиги (ILAE) 2017 г.

Наблюдение за пациентами проводили в течение 5 лет. Динамику эпилептических приступов оценивали на основании классификации исходов J. Engel. Класс IA по Engel расценивали как регресс симптоматики. Остальные классы относили к продолженным приступам. Кроме того, мы отдельно анализировали группы пациентов с классом IA по Engel, принимающих ПЭП, и пациентов без приступов и не получающих ПЭП. Отнесение к любому классу, кроме класса IA, является довольно субъективным, поэтому при анализе мы разделили больных с некупированными приступами на пациентов с частыми приступами (>1 раза в неделю) и редкими приступами.

При необходимости адъювантное лечение назначали больным на основании рекомендаций Ассоциации нейрохирургов России 2020 г.

В течение периода наблюдения для оценки динамики заболевания использовали критерии RANO (Response assessment in neuro-oncology criteria). Прогрессированием считали увеличение на ≥ 25 % суммы перпендикулярных диаметров всех измеряемых очагов, увеличение неконтрастируемых очагов в режиме T2/FLAIR или появление новых очагов, прием пациентом стабильных или увеличивающихся доз кортикостероидов, а также нарастание неврологической симптоматики.

Материалы исследования подвергли статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Визуализация полученных результатов осуществлялась с помощью электронных таблиц Microsoft Excel 2016. Статистический анализ проводили с помощью программы Statistica 13.3 (StatSoft Inc.). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовали критерий Колмогорова—Смирнова, а также показатели асимметрии и эксцесса. Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывали при помощи значений медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q_1 ; Q_3). Для сравнения независимых совокупностей в случаях отсутствия признаков нормального распределения данных использовали U-критерий Манна—Уитни. Номинальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение номинальных данных проводили при помощи критерия χ^2 Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование вошли 184 пациента, не оперированные ранее. Из них у 57 (31 %) пациентов приступов не было, у 127 (69,9 %) пациентов в процессе лечения и наблюдения верифицировали различные виды эпилептических приступов. В зависимости от периода верификации последних мы разделили всех пациентов на 4 группы: 1-ю группу составили 102 (55,42 %) пациента, у которых приступы регрессировали после операции; во 2-ю группу вошли 2 пациента с впервые возникшими приступами после оперативного лечения — в 1 (0,54 %) случае в раннем послеоперационном периоде и в 1 (0,54 %) — в позднем; в 3-ю группу вошли 23 (12,5 %) пациента с приступами как до, так и после операции; в 4-ю группу — 57 (31 %) пациентов без приступов. Распределение больных по группам представлено в табл. 1.

Мы классифицировали данные анализируемой когорты больных в зависимости от гистологической характеристики опухолей в соответствии с обновленной классификацией WHO CNS5 (2021): астроцитомы IDH-mutant grade II — 37 (20,1 %) случаев, астроцитомы IDH-mutant grade III — 27 (14,7 %), IDH-mutant grade IV — 4 (2,2 %), олигодендроглиома IDH-mutant grade II — 27 (14,7 %), олигодендроглиома IDH-mutant grade III —

15 (8,1 %), глиобластома IDH-wildtype grade IV – 74 (40,2 %) (табл. 2).

В группе пациентов с отсутствием приступов до и после хирургического лечения ($n = 57$) достоверно чаще встречалась глиобластома IDH-wildtype grade IV – 40 (70,2 %) случаев ($p < 0,05$).

При оценке степени резекции в нашем исследовании отмечена зависимость между радикальностью удаления опухоли и наличием эпилептических приступов

Таблица 1. Распределение пациентов в зависимости от наличия или отсутствия эпилептических приступов до и после хирургической резекции ($n = 184$)

Table 1. Distribution of patients depending on the presence or absence of epileptic seizures before and after surgical resection ($n = 184$)

Группа Group	Наличие эпилептических приступов The presence of epileptic seizures		Число пациентов, n (%) Number of patients, n (%)
	Дооперационный период Preoperative period	Послеоперационный период Postoperative period	
1-я 1 st	Есть Yes	Нет None	102 (55,42)
2-я 2 nd	Нет None	Только в раннем периоде Only in the early period	1 (0,54)
		И в раннем, и в позднем периодах Both in early and late periods	1 (0,54)
3-я 3 rd	Есть Yes	Есть Yes	23 (12,5)
4-я 4 th	Нет None	Нет None	57 (31)

в послеоперационном периоде: тотальная резекция достоверно чаще имела место в группе с купированием приступов – у 79 (77,4 %) пациентов, а в группе с рецидивом приступов – у 11 (47,8 %) пациентов; различия показателей, оцененные с помощью критерия χ^2 Пирсона, были статистически значимы ($p = 0,023$).

Впервые возникшие судороги после хирургического лечения у 2 пациентов были расценены нами как ситуационно обусловленные приступы или острая симптоматическая эпилептическая реакция – как результат послеоперационных осложнений (отек, кровоизлияние).

До хирургического лечения структура приступов у больных с купированной симптоматикой была следующей: фокальные приступы без нарушения сознания отмечались у 36 (35,3 %) пациентов, фокальные приступы с нарушением сознания – у 12 (11,8 %), генерализованные – у 5 (4,9 %) и генерализованные с фокальным началом – у 49 (48 %). В группе пациентов с продолжающимися после операции приступами распределение по виду приступов до операции было следующим: парциальные приступы без нарушения сознания – у 9 (39,1 %) пациентов, парциальные приступы с нарушением сознания – у 4 (17,4 %), генерализованные – у 1 (4,4 %), генерализованные с фокальным началом – у 9 (39,1 %). Динамика течения эпилептических приступов никак не зависела от их исходного характера и частоты.

По локализации опухолей в группе с регрессом приступов распределение было следующим: лобная доля – 22 (21,6 %) случая, 2 и более доли – 39 (38,2 %), височная доля – 23 (22,6 %), теменная доля – 9 (8,8 %), островок – 9 (8,8 %); в группе с рецидивом эпилепсии: лобная доля – 5 (22 %) случаев, 2 и более доли – 6 (26 %), височная доля – 6 (26 %), теменная доля – 3 (13 %), островок – 3 (13 %). Мы не выявили взаимосвязи между

Таблица 2. Гистологическая характеристика глиом у исследуемой когорты больных

Table 2. Histological characteristics of glioma in the study cohort of patients

Группа пациентов Patients' group	Астроцитома IDH-mutant, n Astrocytoma IDH-mutant, n			Олигодендроглиома IDH-mutant, n Oligodendroglioma IDH-mutant, n		Глиобластома IDH-wildtype, n Glioblastoma IDH-wildtype, n
	Grade II	Grade III	Grade IV	Grade II	Grade III	Grade IV
1-я ($n = 102$) 1 st ($n = 102$)	24	16	2	19	9	32
2-я ($n = 2$) 2 nd ($n = 2$)	1	0	0	1	0	0
3-я ($n = 23$) 3 rd ($n = 23$)	8	3	1	5	4	2
4-я ($n = 57$) 4 th ($n = 57$)	4	8	1	2	2	40
Всего Total	37	27	4	27	15	74

наличием/отсутствием приступов после оперативного вмешательства и локализацией опухоли ($p = 0,937$).

Взаимосвязи между наличием и вариантом противосудорожной терапии до операции и частотой развития послеоперационных эпилептических приступов в исследуемых группах нами выявлено не было. В 1-й группе число пациентов, принимающих антиконвульсанты, составило 76 (74,5 %), в 3-й группе — 18 (78,3 %). Среди больных без повторных приступов в качестве монотерапии принимали левитирацетам 7 (9,2 %) пациентов, вальпроевую кислоту — 22 (29 %), карбамазепин — 20 (26,3 %), другие препараты (монотерапия) — 9 (11,8 %); 2 препарата принимали 10 (13,2 %) пациентов; терапия включала >2 препаратов у 8 (10,5 %) пациентов. Среди больных с рецидивами приступов в качестве монотерапии принимали левитирацетам 2 (11,1 %) пациента, вальпроевую кислоту — 4 (22,2 %), карбамазепин — 5 (27,8 %); 2 препарата и более получали 4 (22,2 %) пациента, у которых была установлена истинная фармакорезистентность.

После хирургического вмешательства в группе с купированием приступов IA класса по Engel продолжили принимать ПЭП 55 (53,9 %) пациентов. У 7 (12,7 %) пациентов, продолжающих принимать ПЭП, отмечалась погрешность в приеме антиконвульсантов, при этом данных, указывающих на рецидив, получено не было. Все 23 (100 %) пациента с рецидивами приступов получали после операции антиконвульсанты.

В отдаленном периоде (полгода и более после хирургического лечения) у 34 (33,3 %) из 102 пациентов после купирования приступы возникли вновь. У 24 (70,6 %) пациентов с вновь возникшими приступами по данным последующей нейровизуализации обнаружен рецидив опухоли, из них у 15 (62,5 %) больных рецидив приступов возник раньше, чем рецидив опухоли согласно критериям RANO по данным магнитно-резонансной томографии.

В группе с некупированными эпилептическими приступами после операции число больных с частыми приступами составило 14 (60,9 %), с редкими приступами — 9 (39,1 %).

Летальных исходов в раннем послеоперационном периоде в нашей серии наблюдений не было.

За время катамнеза продолженный рост опухоли выявлен у 136 (73,9 %) пациентов, 129 (70,1 %) пациентов были повторно оперированы.

Пятилетняя выживаемость в 1–4 й группах составила 48 % ($n = 42$), 50 % ($n = 1$), 30,4 % ($n = 7$) и 15,8 % ($n = 9$) соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании эпилептические приступы до операции наблюдались у 125 (67,9 %) пациентов и зачастую были основным, а иногда единственным проявлением заболевания, что соответствует данным

литературы [7]. Заведомо чаще структурная эпилепсия формируется у больных с глиомами низкой степени злокачественности [4]. По данным литературы, мутация в генах *IDH1/2* является значимым фактором эпилептогенности опухоли независимо от степени ее злокачественности [8, 9]. Вероятно, в связи с этим у большей части больных с приступами до операции верифицировались астроцитомы и олигодендроглиомы *IDH-mutant* ($n = 91$, 72,8 %).

Больные с глиобластомами реже страдают от эпилептических приступов, последние носят ситуационный характер и связаны с повышением внутричерепного давления, кровоизлиянием в опухоль и отеком [10, 11]. Структурная эпилепсия у пациентов с глиобластомой формируется крайне редко. В данном случае возникновение приступов принято связывать с неконтрастируемой частью глиобластом или FLAIR-зоной. С. Bouckaert и соавт. изучали развитие эпилепсии на крысах путем трансплантации опухолевых клеток глиобластомы в энтероринальную кору и не обнаружили корреляции между количеством припадков в день и временем после трансплантации, что может свидетельствовать о том, что масс-эффект при глиобластомах является не единственной причиной приступов [12]. Кроме того, в исследовании С. Huang и соавт. не было обнаружено связи между наличием предоперационных эпилептических приступов и нейровизуализационными характеристиками, такими как размер опухоли, отек, кальцификация, кровоизлияние или кистозные изменения [1]. Учитывая то, что у некоторых наших пациентов с глиобластомами приступы были фокальными или генерализованными с фокальным началом, вероятно, гистологические и молекулярные характеристики являются основными факторами эпилептогенеза при глиомах не только низкой степени злокачественности, но в некоторых случаях и при глиобластомах. Нам не удалось найти данных литературы по поводу неконтрастируемой зоны глиобластомы и наличия в ней *IDH*-мутации. Возможно, это может представлять интерес для дальнейшего исследования данного вопроса.

В 81,6 % случаев эпилептические приступы удалось купировать с помощью хирургического лечения. Таким образом, максимально радикальная операция являлась оптимальной при лечении данных больных. В 18,4 % наблюдений хирургическая резекция не позволила достичь контроля над эпилептическими приступами.

Послеоперационная персистенция приступов с частым их повторением может быть следствием неполной резекции опухоли. В нашей работе таких больных было 12, что составило 10 % от числа всех пациентов с периперационными приступами и 52,2 % — от числа больных 3-й группы, причем у 4 из них была диагностирована фармакорезистентная эпилепсия. Это еще раз подтверждает взаимосвязь неполного удаления

опухоли и тяжести течения структурной эпилепсии. Радикальная резекция заведомо чаще приводит к купированию приступов и улучшению качества жизни, повышая социальную адаптацию и снижая фармакологическую нагрузку и бремя болезни.

Анализируя впервые возникшие в послеоперационном периоде приступы у пациентов 2-й группы, мы расценивали их как ситуационно обусловленные [3]. Они явились следствием неблагоприятных событий в периоперационном периоде: проявление венозного инсульта, кровоизлияние в ложе опухоли, ее перифокальную зону или отек остаточной части новообразования на фоне геморрагического пропитывания (по типу «раненой» глиомы).

В исследуемой когорте число больных с классом IA по Engel, продолжающих принимать ПЭП, составило 55 (53,9 %). Важно понимать, что в связи с дополнительной фармакологической нагрузкой, необходимостью коррекции химиотерапевтического лечения, интоксикацией и дополнительными финансовыми затратами лечение таких больных становится обременительным. Так, побочные эффекты ПЭП, по данным литературы, отмечаются у 20–40 % пациентов с глиомами. Высокая распространенность побочных эффектов ПЭП может быть вызвана взаимодействием с кортикостероидами и химиотерапевтическими препаратами. И хотя чаще побочные эффекты отмечают при приеме ферментиндуцирующих ПЭП, препараты, метаболизирующиеся другими путями, также могут их вызывать [14].

В процессе динамического наблюдения у 24 (70,6 %) пациентов развился рецидив опухоли. Интересно, что у 15 (62,5 %) из них клинические проявления структурной эпилепсии опережали признаки рецидива по данным нейровизуализации. Этот факт еще раз указывает на ведущее значение изменений медиаторного статуса и микроокружения опухоли.

Другим аспектом, требующим обсуждения, является локализация опухоли и ее взаимосвязь со структурной эпилепсией как до, так и после операции.

Как было отмечено выше, мы не выявили корреляции между расположением новообразования и частотой приступов. Данные литературы по этому вопросу противоречивы. Например, в работе D.J. Englot и соавт. по изучению частоты послеоперационных приступов у пациентов с глиомами низкой степени злокачественности, как и в нашем исследовании, не получено достоверных данных о связи данного феномена с локализацией неоплазмы [15]. В то же время K.L. Chaichana и соавт. отмечают взаимосвязь поражения теменной доли с меньшим контролем приступов после резекции опухоли [16].

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о целесообразности максимальной хирургической резекции полушарных опухолей глиального ряда низкой степени злокачественности как наиболее эффективного способа контроля проявлений структурной эпилепсии.

В отношении небольшой части глиобластом, сопровождающихся судорожными приступами, исследование перитуморозной зоны может представлять интерес как с практической точки зрения, так и с позиций изучения особенностей их онкогенеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее часто структурная эпилепсия встречается при глиомах низкой степени злокачественности. Тотальная резекция позволяет получить хороший функциональный результат, не только увеличивая продолжительность жизни, но и повышая ее качество благодаря контролю над приступами.

Эффективность адъювантного лечения данной когорты больных напрямую взаимосвязана с результатами лечения структурной эпилепсии. Для нейроонкологических пациентов без приступов, продолжающих принимать антиконвульсанты, проведение химиотерапии связано с большими рисками, а больные с рецидивирующими частыми приступами ограничены в возможности получения всего спектра современной лучевой терапии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Huang C., Chi X.S., Hu X. et al. Predictors and mechanisms of epilepsy occurrence in cerebral gliomas: what to look for in clinicopathology. *Exp Mol Pathol* 2017;102(1):115–22. DOI: 10.1016/j.yexmp.2017.01.005
- Chen H., Judkins J., Thomas C. et al. Mutant IDH1 and seizures in patients with glioma. *Neurology* 2017;88(19):1805–13. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003911
- Li L., Li G., Fang S. et al. New-Onset postoperative seizures in patients with diffuse gliomas: a risk assessment analysis. *Front Neurol* 2021;12:682535. DOI: 10.3389/fneur.2021.682535
- Chang E.F., Potts M.B., Keles G.E. et al. Seizure characteristics and control following resection in 332 patients with low-grade gliomas. *J Neurosurg* 2008;108(2):227–35. DOI: 10.3171/JNS/2008/108/2/0227
- Huberfeld G., Vecht C.J. Seizures and gliomas – towards a single therapeutic approach. *Nat Rev Neurol* 2016;12(4):204–16. DOI: 10.1038/nrneurol.2016.26
- Savaskan N.E., Heckel A., Hahnen E. et al. Small interfering RNA-mediated xCT silencing in gliomas inhibits neurodegeneration and alleviates brain edema. *Nat Med* 2008;14(6):629–32. DOI: 10.1038/nm1772

7. Vecht C.J., Kerkhof M., Duran-Pena A. Seizure prognosis in brain tumors: new insights and evidence-based management. *Oncologist* 2014;19(7):751–9. DOI: 10.1634/theoncologist.2014-0060
8. Pallud J., McKhann G.M. Diffuse low-grade glioma-related epilepsy. *Neurosurg Clin N Am* 2019;30(1):43–54. DOI: 10.1016/j.nec.2018.09.001
9. Neal A., Kwan P., O'Brien T.J. et al. *IDH1* and *IDH2* mutations in postoperative diffuse glioma-associated epilepsy. *Epilepsy Behav* 2018;78:30–6. DOI: 10.1016/j.yebeh.2017.10.027
10. Rossi J., Cavallieri F., Biagini G. et al. Epileptogenesis and tumorigenesis in glioblastoma: which relationship? *Medicina (Kaunas)* 2022;58(10):1349. DOI: 10.3390/medicina58101349
11. Hills K.E., Kostarelos K., Wykes R.C. Converging mechanisms of epileptogenesis and their insight in glioblastoma. *Front Mol Neurosci* 2022;15:903115. DOI: 10.3389/fnmol.2022.903115
12. Bouckaert C., Germonpré C., Verhoeven J. et al. Development of a rat model for glioma-related epilepsy. *Int J Mol Sci* 2020;21(19):6999. DOI: 10.3390/ijms21196999
13. Mauritz M., Hirsch L.J., Camfield P. et al. Acute symptomatic seizures: an educational, evidence-based review. *Epileptic Disord* 2022;24(1):26–49. DOI: 10.1684/epd.2021.1376
14. Kerkhof M., Koekkoek J.A.F., Vos M.J. et al. Withdrawal of antiepileptic drugs in patients with low grade and anaplastic glioma after long-term seizure freedom: a prospective observational study. *J Neurooncol* 2019;142(3):463–70. DOI: 10.1007/s11060-019-03117-y
15. Englot D.J., Berger M.S., Barbaro N.M., Chang E.F. Predictors of seizure freedom after resection of supratentorial low-grade gliomas. A review. *J Neurosurg* 2011;115(2):240–4. DOI: 10.3171/2011.3.JNS1153
16. Chaichana K.L., Parker S.L., Olivi A., Quiñones-Hinojosa A. Long-term seizure outcomes in adult patients undergoing primary resection of malignant brain astrocytomas. *Clinical article. J Neurosurg* 2009;111(2):282–92. DOI: 10.3171/2009.2.JNS081132

Вклад авторов

К.А. Чижова: сбор и обработка данных, статистический анализ данных, написание текста статьи;
 Д.А. Гуляев: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование текста статьи;
 И.И. Корепанов: сбор и обработка данных, статистический анализ данных;
 И.Ю. Белов, И.А. Курносов, В.Ю. Чиркин, И.В. Чистова, И.В. Яковенко: редактирование текста статьи;
 К.А. Сулин: разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи.

Authors' contributions

K.A. Chizhova: data collection and processing, statistical data analysis, article writing;
 D.A. Gulyaev: development of the concept and design of the study, editing of the article;
 I.I. Korepanov: data collection and processing, statistical data analysis;
 I.Yu. Belov, I.A. Kurnosov, V.Yu. Chirkin, I.V. Chistova, I.V. Yakovenko: editing of the article;
 K.A. Sulin: development of the concept and design of the study, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

К.А. Чижова / K.A. Chizhova: <https://orcid.org/0000-0002-7443-0500>
 Д.А. Гуляев / D.A. Gulyaev: <https://orcid.org/0000-0002-5509-5612>
 И.И. Корепанов / I.I. Korepanov: <https://orcid.org/0000-0003-2300-6221>
 И.Ю. Белов / I.Yu. Belov: <https://orcid.org/0000-0003-2473-2671>
 И.А. Курносов / I.A. Kurnosov: <https://orcid.org/0000-0003-2857-8368>
 В.Ю. Чиркин / V.Yu. Chirkin: <https://orcid.org/0000-0002-0610-1131>
 К.А. Сулин / K.A. Sulin: <https://orcid.org/0000-0001-6794-2420>
 И.В. Чистова / I.V. Chistova: <https://orcid.org/0000-0003-3307-0083>
 И.В. Яковенко / I.V. Yakovenko: <https://orcid.org/0000-0002-7941-5027>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights. All patients signed an informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 31.03.2023. **Принята к публикации:** 25.01.2024

Article submitted: 31.03.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ И ПРОФИЛАКТИКИ РАЗВИТИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ВИСОЧНОГО РОГА ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ ТРЕУГОЛЬНИКА БОКОВОГО ЖЕЛУДОЧКА

С.А. Маряшев, Р.Э. Ишкинин, Н.С. Грачев, В.Ю. Жуков, Д.И. Пицхелаури

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; Россия, Москва 125047, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16

Контакты: Никита Сергеевич Грачев b92gnsng@gmail.com

Цель исследования – анализ эффективности лечения и профилактики развития изолированного височного рога (ИВР) с использованием разных методик.

Материалы и методы. В исследование были включены 14 пациентов, которым проведено лечение либо хирургическая профилактика развития ИВР бокового желудочка после хирургического удаления опухолей в проекции треугольника бокового желудочка. В 3 случаях применена микрохирургическая вентрикулоцистерностомия, в 3 случаях – шунтирующие операции по лечению ИВР, в 8 случаях – стентирование ИВР.

Результаты. Проанализированы степень резекции опухоли, эффективность стентирования по наличию/отсутствию гидроцефалии и адекватность выбранного метода лечения и профилактики ИВР. Во всех 3 случаях с выполнением вентрикулоцистерностомии удаление опухоли было радикальным, стома оказалась состоятельной, ИВР расправился, гидроцефалии не было. Из 3 пациентов, которым был имплантирован шунт, радикальное удаление опухоли выполнено в 1 случае, в 2 – субтотальное; дисфункция шунта за счет прогрессии опухоли наблюдалась в отдаленном периоде у 1 пациента. В случаях имплантации вентрикулярного стента для лечения/профилактики развития ИВР у 7 из 8 пациентов удаление опухоли было тотальным, у 1 пациента – субтотальным. Стентирование, выполненное в послеоперационном периоде для лечения сформировавшейся гидроцефалии, имело положительный клинический эффект в 100 % случаев (регрессировали общемозговая симптоматика, застой на глазном дне, речевые расстройства). При выполнении стентирования в качестве профилактики развития гидроцефалии также отмечался положительный эффект (не наблюдалось увеличения размеров желудочковой системы, не потребовалось проведения шунтирующих операций в послеоперационном периоде).

В анализируемой группе пациентов ($n = 14$) не было зафиксировано возникновения неврологического дефицита *de novo*, случаев инфекционных осложнений и развития ликвореи; не наблюдалось дисфункции стента.

Заключение. Интраоперационная одномоментная вентрикулоцистерностомия является надежной физиологической профилактикой развития ИВР. Стентирование желудочковой системы – доступный и эффективный микрохирургический метод профилактики развития ИВР. Одномоментное стентирование после удаления опухоли позволяет избежать развития данного осложнения в отдаленном периоде и не сопряжено с хирургическими сложностями отдаленного стентирования. Применение стентирующих операций имеет свои преимущества и недостатки, что делает данный метод приемлемым, но не универсальным. Имплантация шунтирующей системы в отдаленном периоде является методом выбора при лечении ИВР.

Ключевые слова: изолированный височный рог, опухоли треугольника бокового желудочка, вентрикулоцистерностомия, шунтирующие операции, стентирование изолированного височного рога

Для цитирования: Маряшев С.А., Ишкинин Р.Э., Грачев Н.С. и др. Методы хирургического лечения и профилактики развития изолированного височного рога после удаления опухолей треугольника бокового желудочка. Нейрохирургия 2024;26(2):44–53.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-44-53>

Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection of trigone ventricular tumors

S.A. Maryashev, R.E. Ishkinin, N.S. Grachev, V. Yu. Zhukov, D.I. Pitshkelauri

N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia

Contacts: Nikita Sergeevich Grachev b92gnsng@gmail.com

Aim. To analyze the effectiveness of treatment and prevention of entrapped temporal horn (ETH) using various techniques.

Materials and methods. The study included 14 patients who underwent treatment or surgical prevention of ETH of the lateral ventricle after surgical resection of tumors in the projection of the trigone of the lateral ventricle. In 3 cases, microsurgical ventriculocisternostomy was performed; in 3 cases, shunting surgeries for ETH treatment; in 8 cases, ETH stenting.

Results. Tumor resection level, stenting effectiveness per presence/absence of hydrocephalus, and adequacy of the chosen ETH treatment and prevention methods were analyzed. In all 3 cases of ventriculocisternostomy, tumor resection was radical, stoma was strong, ETH opened, hydrocephalus was absent. In 3 patients with shunt implantation, radical resection was performed in 1 case; in 2 cases subtotal resection was achieved; shunt dysfunction due to tumor progression was observed in 1 patient during long-term follow-up. In 7 of 8 patients with cases of ventricular stent implantation for treatment/prevention of ETH, tumor resection was total; in 1 patient subtotal. Stenting performed in the postoperative period for treatment of hydrocephalus had positive clinical effect in 100 % of cases (non-focal neurological symptoms, stasis in the fundus, speech disorders regressed). In stenting for hydrocephalus prevention, a positive effect was also observed (no increase in the size of the ventricular system, shunting surgeries in the postoperative period were not required).

In the analyzed patient group ($n = 14$), *de novo* neurologic deficit did not develop, no cases of infectious complications and cerebrospinal fluid leak were observed, stent did not dysfunction.

Conclusion. Intraoperative ventriculocisternostomy is a reliable physiological technique for ETH prevention. Stenting of the ventricular system is an accessible and effective technique for ETH prevention. Single-step stenting after tumor resection allows to avoid this complication in the long-term and is not associated with surgical complications of distal stenting. The use of stenting surgeries has its advantages and disadvantages which makes this method acceptable but not universal. Implantation of shunt in the long-term period is the method of choice for ETH treatment.

Keywords: entrapped temporal horn, trigone ventricular tumors, ventriculocisternostomy, shunting surgeries, entrapped temporal horn stenting

For citation: Maryashev S.A., Ishkinin R.E., Grachev N.S. et al. Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection of trigone ventricular tumors. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):44–53. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-44-53>

ВВЕДЕНИЕ

Микрохирургическое удаление опухолей в области треугольника бокового желудочка может привести к развитию специфического осложнения — изолированного височного рога (ИВР) [1]. Это осложнение развивается вторично, когда вслед за удалением новообразования происходит разобщение височного рога и остальной части желудочковой системы, что легко заметить на послеоперационных компьютерных и/или магнитно-резонансных томограммах [2].

Непрерывная секреция спинномозговой жидкости из сосудистого сплетения в относительно замкнутом пространстве обуславливает прогрессирующее расширение височного рога, которое, в свою очередь, приводит к височному вклинению и сдавлению ствола мозга, что проявляется угнетением уровня сознания, гемипарезом, нарушением памяти, выпадением полей зрения [3].

Данные литературы по развитию ИВР ограничены и представлены небольшими сериями наблюдений или описанием отдельных случаев развития данного осложнения, а также предложениями по хирургической тактике лечения [4–12]. Как правило, ИВР проявляется симптоматически, а лечение при этом ослож-

нении требует хирургического вмешательства. Бывают случаи бессимптомного течения ИВР, его самостоятельного регресса, поэтому частоту встречаемости данного осложнения установить довольно сложно [1, 2].

Согласно данным литературы, отсутствуют репрезентативные исследования по оценке частоты встречаемости этого осложнения, нет четкого алгоритма наблюдения и ведения таких пациентов, не определены показания к хирургическому лечению. В то же время в литературе имеются сообщения о вариантах лечения случившегося осложнения.

В настоящей работе представлены анализ результатов лечения ИВР и варианты его профилактики. Предлагаемая методика позволяет избежать развития данного осложнения и необходимости лечения в отдаленном периоде.

Цель исследования — анализ эффективности лечения и профилактики развития ИВР с использованием разных методик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клинические данные пациентов. В исследование были включены 14 пациентов, которым в 2020–2021 гг.

проводились хирургическое лечение либо хирургическая профилактика развития ИВР бокового желудочка после хирургического удаления опухолей в проекции треугольника бокового желудочка.

Из 14 пациентов с ИВР в 3 случаях проведена микрохирургическая вентрикулоцистерностомия, в 3 случаях — шунтирующие операции по лечению ИВР, в 8 случаях — стентирование ИВР после удаления новообразований в области треугольника бокового желудочка. У 4 пациентов стентирование ИВР было выполнено интраоперационно (в качестве профилактики возникновения осложнения), у 4 пациентов — в послеоперационном периоде в сроки до 3 мес после удаления опухоли желудочкового треугольника (вследствие развития моновентрикулярной гидроцефалии). Данные пациентов представлены в табл. 1.

Вентрикулоцистерностомия. Техника операции: область амигдалы постепенно аспирируют и вскрывают межножковую цистерну. Дополнительно рассекают мембрану Лиликвиста. В результате хорошо визуализируются базилярная артерия, III нерв слева и справа. В межножковой цистерне рассекают рубцовые сращения и таким образом височный рог соединяют с базальными цистернами (рис. 1).

Стентирование ИВР. Техника стентирования желудочковой системы: после удаления и хорошей визуализации основных анатомических ориентиров — вход в височный рог, сплетение бокового желудочка и вход в тело бокового желудочка — в область тела имплантируют ростральный конец на глубину 3–4 см, затем в область височного рога проводят оставшуюся дистальную часть катетера. В зависимости от уровня обструкции стентирование может быть ипсилатеральным (соединять передний рог, отверстие Монро и височный рог) и контралатеральным (передний рог — прозрачная перегородка — височный рог). В конце раздела «Результаты» представлен случай одномоментного удаления опухоли бокового желудочка со стентированием (см. далее рис. 4).

Для стентирования используют вентрикулярный катетер, длина которого определяется индивидуально, исходя из данных нейровизуализации и вентрикулометрии. В среднем длина вентрикулярного катетера составляет 7–10 см. Дополнительно в вентральном конце катетера делают отверстия с помощью микрохирургических ножниц. Для фиксации в области анатомического сужения используют манжетку, которую отрезают от вентрикулярного катетера (рис. 2).

Под микрохирургическим контролем хирург погружает стент на желаемую глубину, соединяя элементы желудочковой системы. При нестабильном положении стента создают манжетку. Рану многократно промывают физиологическим раствором, при необходимости используют хирургическую марлю.

Основными показаниями для проведения профилактического стентирования височного рога являются

Таблица 1. Основные клинические данные пациентов с изолированным височным рогом по группам с разными видами вмешательств

Table 1. Baseline characteristics for patients with entrapped temporal horn by groups with different types of treatment

Характеристика Characteristic	Стентирование (n = 8) Stenting (n = 8)	Шунтирование (n = 3) Shunting (n = 3)	Цистерностомия (n = 3) Cysternostomy (n = 3)
Средний возраст (диапазон), лет Average age (range), year	41 (28–63)	53 (43–68)	30 (24–35)
Пол, n (%): Sex, n (%): женский female мужской male	5 (62,5) 3 (37,5)	1 (33,3) 2 (66,7)	2 (66,7) 1 (33,3)
Клиническая картина, n (%): Clinical presentation, n (%): головные боли headache внутричерепная гипертензия (застой диска зрительного нерва) increased intracranial pressure снижение уровня бодрствования decreased level of wakefulness пирамидная симптоматика pyramidal symptoms нарушение полей зрения violation of visual fields тошнота, рвота nausea, vomiting эписиндром episyndrome шаткость unsteadiness	8 (100) 3 (37,5) 2 (25) 2 (25) 4 (50) 5 (62,5) 2 (25) 4 (50)	2 (66) 0 2 (66) 0 0 2 (66) 0 1 (33)	1 (33) 1 (33) 0 0 0 1 (33) 0 0
Гистологический тип опухоли, n (%): Histological type of tumor, n (%): злокачественные глиальные опухоли high grade gliomas нейроцитомы neurocytoma менингиома meningioma	4 (50) 3 (37,5) 1 (12,5)	2 (66) 0 1 (33)	2 (66) 1 (33) 0

диффузный, инфильтративный характер роста опухоли, грубая инфильтрация эпандимы в области треугольника бокового желудочка, наличие остатков опухоли.

Стентирование в отдаленном периоде сопряжено с определенными сложностями. Измененная анатомия, спаечный процесс и послеоперационные изменения эпандимы осложняют поиски места для входа в височный рог и тело бокового желудочка, в связи

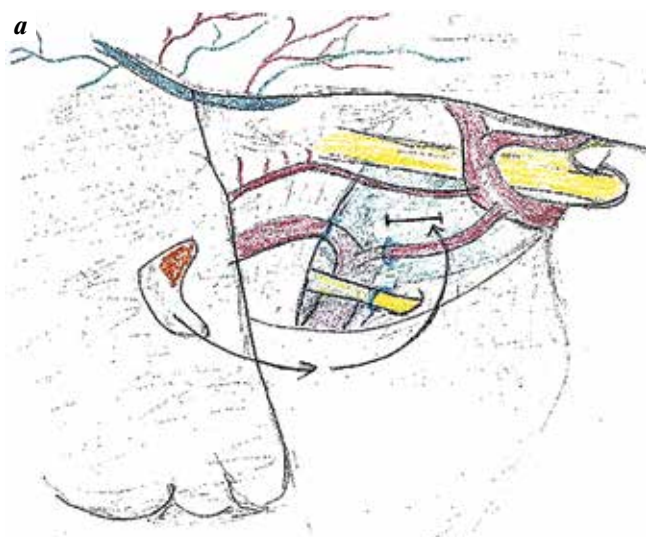


Рис. 1. Этапы вентрикулоцистерностомии: а — рассечение мембраны Лилиеквиста для выполнения вентрикулоцистерностомии (схема); б — вход в понтомедуллярную цистерну от задней соединительной артерии до задней мозговой артерии (интраоперационная фотография)

Fig. 1. Ventriculocisternostomy stages: a — dissection of the Lillquist membrane for ventriculocisternostomy (diagram); б — entrance into the pontomedullary cistern from the posterior connecting artery to the posterior cerebral artery (intraoperative photo)

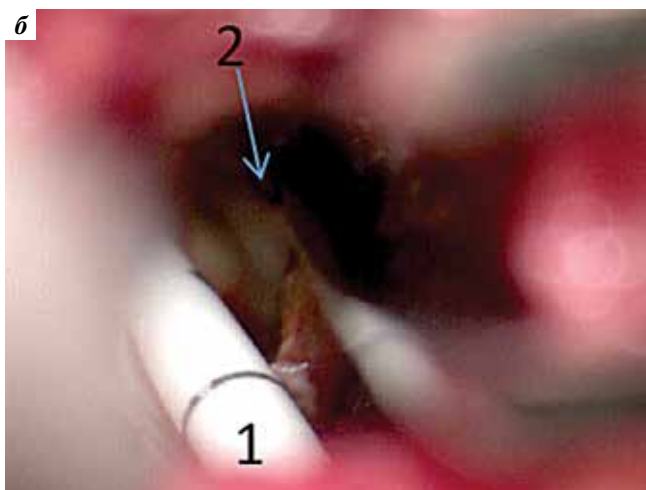


Рис. 2. Вентрикулярное стентирование: а — вентрикулярный катетер (фотография); б — вентрикулярный катетер (1), погруженный в щелевидный просвет височного рога (2) (интраоперационная фотография)

Fig. 2. Ventricular stenting: a — ventricular catheter (photo); б — ventricular catheter (1) inserted into the slit-like lumen of the temporal horn (2) (intraoperative photo)

с этим для выбора траектории формирования стомы и стентирования требуется подробное изучение данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) с периоперационным планированием. В качестве вспомогательных техник интраоперационно могут использоваться ультразвуковая и электромагнитная навигация.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В анализируемой группе оценивали следующие параметры: степень резекции опухоли, эффективность стентирования по наличию/отсутствию гидроцефалии за исследуемый период наблюдения и адекватность выбранного метода лечения и профилактики ИВР. Результаты лечения пациентов представлены в табл. 2.

Вентрикулоцистерностомия для профилактики и лечения ИВР. Во всех 3 (100 %) случаях удаление было радикальным, также во всех случаях стома оказалась состоятельной. ИВР расправился, гидроцефалии не было.

Шунтирующая операция для лечения ИВР. Из 3 пациентов, которым был имплантирован шунт, радикальное удаление было выполнено только в 1 случае, в 2 других случаях удаление опухоли было субтотальным.

В 1 случае в отдаленном периоде возникла дисфункция шунта за счет прогрессии опухоли и прорастания вентрикулярного катетера опухолью через 2 мес после имплантации вентрикулоперитонеального шунта (рис. 3).

При выполнении контрольной МРТ через 2 мес была отмечена значительная отрицательная динамика — рецидив новообразования с прорастанием области вентрикулярного катетера, что в свою очередь привело к прогрессированию гидроцефалии. Учитывая продолженный рост опухоли и прогрессию гидроцефалии, выполнено повторное оперативное вмешательство — микрохирургическое удаление рецидива глиобластомы затылочной доли справа с симультанным стентированием ИВР.

Имплантация вентрикулярного стента для лечения или профилактики развития ИВР после удаления новообразования треугольника бокового желудочка. В 7 из 8 случаев

Таблица 2. Результаты лечения и профилактики изолированного височного рога

Table 2. Results of treatment and prevention of entrapped temporal horn

Показатель Parameter	Стентирование (<i>n</i> = 8) Stenting (<i>n</i> = 8)	Шунтирование (<i>n</i> = 3) Shunting (<i>n</i> = 3)	Цистерностомия (<i>n</i> = 3) Cysternostomy (<i>n</i> = 3)
Степень резекции, <i>n</i> (%): Tumor resection, <i>n</i> (%):			
тотальное удаление (100 %) total resection (100 %)	7 (87,5)	1 (33)	0
субтотальное удаление (90–95 %) subtotal resection (90–95 %)	1 (12,5)	2 (66)	3 (100)
Эффективность стентирующей операции, <i>n</i> (%) Stenting effectiveness, <i>n</i> (%)	8 (100)	3 (100)	3 (100)
Алгоритм выбора операции Operation selection algorithm	1-я линия лечения 1 st line of treatment	Невозможность выполнить микрохирургическое стентирование Inability to perform microsurgical stenting	Опухоль в крючке височной доли Tumor in the temporal uncus

удаление было тотальным. В 1 наблюдении резекция была субтотальной. Во всех случаях эффективность стентирования оценивали в раннем послеоперационном периоде, при контрольном МРТ-исследовании через 3–6 мес и при катамнестическом исследовании. Стентирование считали эффективным, если в послеоперационном периоде регрессировала клиническая симптоматика, в дальнейшем не наблюдалось прогрессии гидроцефалии и не возникла необходимость шунтирующих операций. Стентирование, примененное в послеоперационном периоде (как метод лечения сформировавшейся гидроцефалии), имело положительный клинический эффект в 100 % случаев — регрессировали общемозговая симптоматика, застой на глазном дне, речевые расстройства. У больных, которым стентирование было выполнено как метод профилактики развития гидроцефалии, также отмечался положительный результат — не наблюдалось увеличения размеров желудочковой системы и не потребовалось применения шунтирующих операций в послеоперационном периоде (рис. 4).

Осложнения. В анализируемой группе не было отмечено возникновения неврологического дефицита *de novo*, также не было зафиксировано случаев инфекционных осложнений и развития ликвореи. Ни в одном из случаев не наблюдалось дисфункции стента. В 1 случае после установки шунта возникла его дисфункция из-за продолженного роста опухоли через 2 мес после его имплантации с проращением опухолью вентрикулярного катетера, что в свою очередь привело к прогрессированию гидроцефалии (см. рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Частичное изолированное увеличение бокового желудочка представляет собой особую форму обструктивной гидроцефалии, которая вызывает расширение височного рога, затылочного рога или треугольника.

Впервые ИВР был описан Н. Cairns и Р. Daniel в 1947 г. Как сообщают Y. Wang и соавт., развитие ИВР выявляется в 19 % случаев после удаления новообразований треугольника бокового желудочка [1].

По данным литературы, у 68,4 % пациентов ИВР является отсроченным осложнением (среднее время от резекции опухоли до развития ИВР — 4,4 мес, диапазон — 1–10 мес) [1]. Отсроченное развитие ИВР может быть связано с медленной природой обструкции или уменьшением выработки спинномозговой жидкости из сосудистого сплетения после его коагуляции во время удаления опухоли из желудочкового треугольника [6, 7]. Поэтому пациенты, которым проведено успешное удаление опухоли в области желудочкового треугольника, должны длительно оставаться под наблюдением. В каждом случае, когда у выписанного пациента возникает новый неврологический дефицит или ухудшение, следует незамедлительно выполнить компьютерную томографию или МРТ, чтобы выяснить причину нарастания очаговой симптоматики. При подтверждении диагноза отсроченного послеоперационного ИВР показано тщательное наблюдение за пациентом, а во многих случаях требуется хирургическое лечение.

В настоящее время не существует общепринятого метода лечения данного осложнения [1, 8]. Все методы хирургического лечения ИВР можно разделить на 3 группы:

- шунтирующие операции;
- операции по созданию дополнительного сообщения между элементами желудочковой системы (формирование стомы);
- стентирующие операции (в область стомы устанавливается стент).

Наиболее распространенными являются шунтирующие операции. Описаны различные методики шунтирования ИВР: одномоментное шунтирование

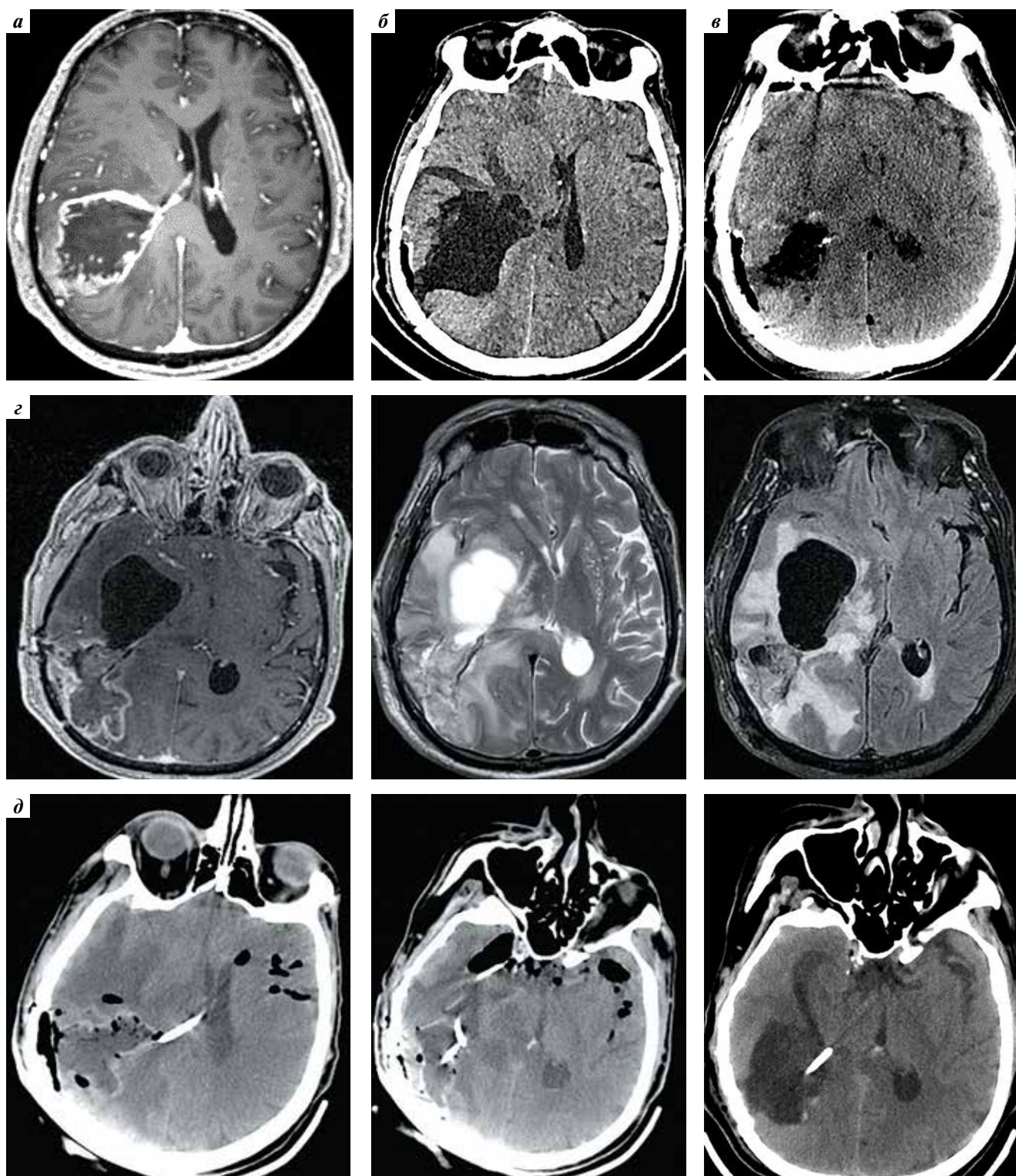


Рис. 3. Данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) головного мозга пациента, перенесшего шунтирующую операцию: а — МРТ с контрастным усилением до операции: выявлена опухоль в области треугольника правого бокового желудочка; б — КТ сразу после операции: радикальное удаление опухоли и отсутствие хирургических осложнений; в — КТ через 14 дней после удаления опухоли: отмечено появление изолированного височного рога; г — МРТ спустя 1 мес от момента операции; д — КТ после имплантации шунтирующей системы: вентрикулярный конец шунтирующей системы визуализируется в проекции изолированного височного рога

Fig. 3. Magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) of the brain of a male patient who underwent shunting surgery: a — contrast-enhanced MRI prior to surgery: tumor in the trigone area of the right lateral ventricle is visible; б — CT immediately after surgery: radical tumor resection and absence of surgical complications; в — CT 14 days after tumor resection: appearance of entrapped temporal horn is observed; г — MRI 1 month after surgery; д — CT after shunt implantation: ventricular end of the shunt is visualized in the projection of the entrapped temporal horn

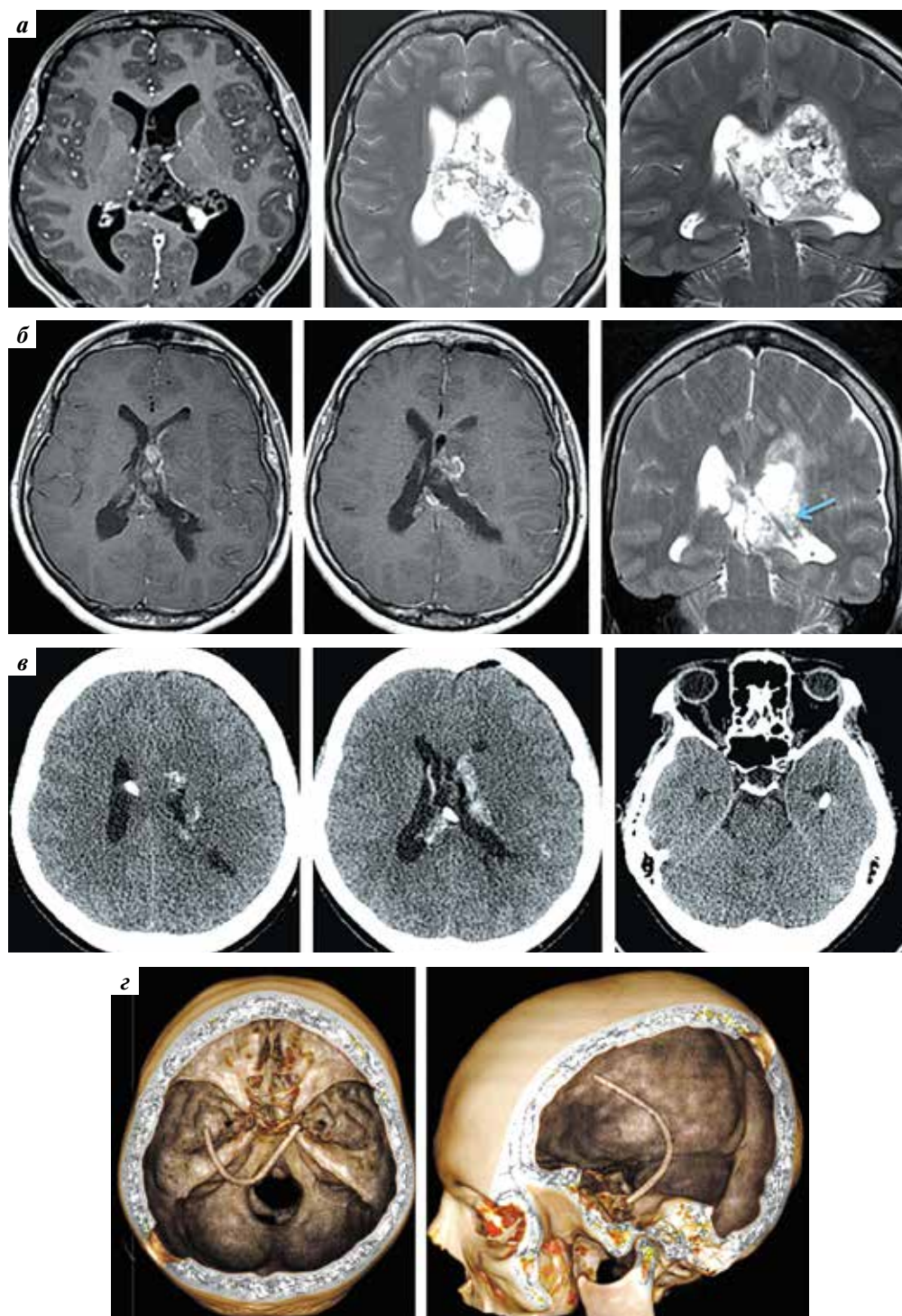


Рис. 4. Данные обследования пациентки, которой выполнено удаление центральной нейрочитомы левого бокового желудочка с одномоментным стентированием желудочковой системы: а — дооперационные магнитно-резонансные томограммы в режимах T1 с контрастным усилением и T2: визуализируется гиперинтенсивное объемное образование с распространением на область прозрачной перегородки, переднего рога, тела и треугольника левого бокового желудочка, гетерогенно накапливающее контрастное вещество; б — послеоперационные магнитно-резонансные томограммы в режиме T1 с контрастным усилением: отсутствие остатков опухоли; в проекции треугольника визуализируется вентрикулярный катетер (отмечен стрелкой); в, г — аксиальные компьютерные томограммы (в) и 3D-реконструкция (г) демонстрируют расположение вентрикулярного катетера в желудочковой системе

Fig. 4. Examination data of a female patient who underwent resection of central neurocytoma of the left lateral ventricle with single-step stenting of the ventricular system: а — preoperative contrast-enhanced T1- and T2-weighted magnetic resonance images: hyperintense space-occupying lesion advancing into the pellucid septum, anterior horn, body and trigone of the left ventricle areas heterogeneously accumulating the contrast agent is visualized; б — postoperative contrast-enhanced T1-weighted magnetic resonance images: absence of residual tumor; in the trigone projection, ventricular catheter (arrow) is visualized; в, г — axial computed tomography images (в) and 3D reconstruction (г) show the location of ventricular catheter in the ventricular system

Таблица 3. Преимущества и недостатки различных способов лечения изолированного височного рога (ИВР)

Table 3. Advantages and disadvantages of different techniques of entrapped temporal horn (ETH) treatment

Хирургическая тактика Method of surgical treatment	Преимущества Advantages	Недостатки Disadvantages	Показания Indications
Вентрикулоперитонеальное шунтирование Ventriculoperitoneal shunting	- Регресс внутричерепного давления Regression of intracranial pressure - Высокая эффективность High effectiveness	- Зависимость от шунта Dependence on the shunt - Осложнения: инфекции, гипо-, гипердренирование Complications: infections, hypo- and hyperdrainage - Возможность распространения в брюшную полость при злокачественных опухолях Possibility of advancement into the abdominal cavity in cases of malignant tumors	Подходит для всех случаев Suitable for all cases
Лобно-височное стентирование Frontotemporal stenting	Нет риска распространения злокачественных клеток вне желудочка No risk of malignant cell dispersing outside the ventricle	- Невозможно при узких желудочках Impossible in narrow ventricles - Рост опухоли может вытеснить стент Tumor growth can dislodge the stent	Расширенная желудочковая система, особенно переднего рога Wide ventricular system, especially the anterior horn
Эндоскопическая фенестрация Endoscopic fenestration	- Нет риска распространения злокачественных клеток No risk of malignant cell dispersion - Может использоваться при венитрикулитах Can be used in cases of ventriculitis	- Возможность спонтанного закрытия стомы, особенно после радиотерапии Possibility of spontaneous stoma closure, especially after radiotherapy - Необходимость нейронавигации Requires neuronavigation	«Удобная» анатомия для выполнения Suitable anatomy for the surgery - Необходимость биопсии Requires biopsy
Эндоскопическая фенестрация со стентированием Endoscopic fenestration with stenting	- Нет риска распространения злокачественных клеток No risk of malignant cell dispersion - Стент обеспечивает дополнительную надежность стомы Stent provided additional stoma strength	- Риск инфицирования стента Risk of stent infection - Рост опухоли может вытеснить стент Tumor growth can dislodge the stent - Риск миграции стента Risk of stent migration - Необходимость нейронавигации Requires neuronavigation	- Благоприятная анатомия для выполнения Favorable anatomy for the surgery - Необходимость биопсии Requires biopsy
Микрохирургическое соединение ИВР с обхватывающей цистерной Microsurgical connection of the ETH with the ambiens cistern	Нет риска распространения злокачественных клеток No risk of malignant cell dispersion	Более инвазивная процедура More invasive procedure	- Альтернатива эндоскопии Alternative to endoscopy - Необходимость биопсии Required biopsy
Микрохирургическая фенестрация Microsurgical fenestration	Восстанавливает ликвородинамику между ИВР и боковым желудочком Restores cerebrospinal fluid dynamics between the ETH and lateral ventricle	Риск закрытия стомы Risk of stoma closure	Благоприятная анатомия для микрохирургической фенестрации стенки между ИВР и желудочковой системой Favorable anatomy for microsurgical fenestration of the wall between the ETH and the ventricular system

лобного и височного рогов [9] и шунтирование височного рога в область препонтиной цистерны [10]. При лобно-височном шунтировании устанавливают 2 вентрикулярных катетера — сначала в лобный рог (как правило, из точки Кохера), затем в височный рог (в области нижней части чешуи височной кости), после этого оба катетера присоединяют при помощи

коннектора к ликворной помпе [9]. Височно-препонтинное шунтирование подразумевает обязательное использование стереотаксической навигации [10]. Применение данных методов ограничено необходимостью стереотаксической навигации, отсутствием визуального контроля и возможным синдромом гипердренирования. Обоснованным преимуществом

шунтирующих операций является арезорбтивная гидроцефалия.

Цель микрохирургического соединения височного рога с базальными цистернами — создание физиологической стомы между височным рогом и ликворными путями. Безусловным преимуществом является отсутствие имплантов. Для создания такой стомы хирург должен обладать достаточным опытом в микрохирургической технике. Описаны случаи, когда из-за спаечного процесса возникала дисфункция стомы.

В литературе имеется большое количество публикаций, посвященных эндоскопическому и микрохирургическому методам лечения данного осложнения. Расширенная желудочковая система и хорошая визуализация нейроваскулярных структур делают микрохирургию и видеоэндоскопию одними из наиболее доступных и простых методов хирургического лечения ИВР. Фенестрация, как правило, применяется с нейронавигацией для выбора оптимальной точки для перфорации. Суть операции заключается в рассечении спаек (чаще располагающихся в области треугольника) и восстановлении нормального тока спинномозговой жидкости [11]. Также в литературе представлены успешные случаи применения нейроэндоскопической височной вентрикулоцистерностомии [12]. Идеальную точку для перфорации выбирали в области, которая проходила ниже области зрительного тракта и передней хороидальной артерии и выше области III нерва и задней соединительной артерии.

Описанные наблюдения стентирования желудочковой системы (одномоментное после удаления опухоли либо в отдаленном периоде) демонстрируют возможность надежной профилактики развития ИВР после удаления новообразования из треугольника бокового желудочка, когда нарушается сообщение между камерами желудочковой системы. Недостатком этого метода является наличие инородного тела.

В каждом конкретном случае оперирующему хирургу необходимо принимать оптимальное решение по лечению ИВР с учетом анатомических особенностей, выраженности ИВР, наличия отека и т.д. Преимущества и недостатки различных способов лечения ИВР представлены в табл. 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интраоперационная одномоментная вентрикулоцистерностомия является надежной физиологической профилактикой развития ИВР. Для создания стомы хирург должен обладать хорошими мануальными навыками микрохирургии. Стентирование желудочковой системы — доступный и эффективный микрохирургический метод профилактики развития ИВР. Одномоментное стентирование после удаления опухоли позволяет избежать развития данного осложнения в отдаленном периоде, избавляет от повторных операций и не сопряжено с хирургическими сложностями отдаленного стентирования.

Применение стентирующих операций имеет ряд существенных преимуществ: операция и имплантация катетера полностью выполняются под визуальным контролем хирурга, отсутствие сифонных и клапанных механизмов препятствует развитию гипердренирования и синдрома щелевидных желудочков.

Явные преимущества наряду с имеющимися недостатками описанного метода (возможность инфицирования катетера, техническая сложность выполнения, большая инвазивность процедуры) делают этот метод приемлемым, но не универсальным. Имплантация шунтирующей системы в отдаленном периоде является методом выбора при лечении ИВР. Абсолютное показание для использования шунтирующей системы — арезорбтивная гидроцефалия. Ограничением эффективности шунтирующей системы является ее дисфункция.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wang Y., Lin Z., Li Z. et al. The incidence and risk factors of postoperative entrapped temporal horn in trigone meningiomas. *World Neurosurg* 2016;90:511–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.03.040
2. Abderrahmen K., Gdoura Y., Kallel J., Jemel H. [Trapped temporal horn, an unusual form of obstructive hydrocephalus: 5 case-reports (In French)]. *Neurochirurgie* 2016;62(2):108–12. DOI: 10.1016/j.neuchi.2015.09.001
3. Maurice-Williams R.S., Choksey M. Entrapment of the temporal horn: a form of focal obstructive hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1986;49(3):238–42. DOI: 10.1136/jnnp.49.3.238
4. Spallone A., Belvisi D., Marsili L. Entrapment of the temporal horn as a cause of pure wernicke aphasia: case report. *J Neurol Surg Rep* 2015;76(1):e109–12. DOI: 10.1055/s-0035-1549225
5. Маряшев С.А., Ишкинин Р.Э., Пицхелаури Д.И., Чмутин Е.Г. Стентирование бокового желудочка как метод профилактики развития изолированного височного рога после удаления опухоли бокового желудочка. Клиническое наблюдение и обзор литературы. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии* 2021;9. DOI: 10.33920/med-01-2109-04 Доступно по: <https://panor.ru/articles/stentirovanie-bokovogo-zheludochka-kak-metod-profilaktiki-razvitiya-izolirovannogo-visochno-roga-posle-udaleniya-opukholi-bokovogo-zheludochka-klinicheskoe-nablyudenie-i-obzor-literatury/70275.html> Maryashev S.A., Ishkinin R.E., Pitskhelauri D.I., Chmutin E.G. Lateral ventricular stenting as a method of preventing the development of an isolated temporal horn after removal of a tumor of the lateral ventricle. Clinical observation and literature review. *Vestnik neurologii, psikhiiatrii i neirokhirurgii = Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery* 2021;9. (In Russ.). DOI: 10.33920/med-01-2109-04 Available at: [https://panor.ru/articles/stentirovanie-bokovogo-zheludochka-kak-metod-](https://panor.ru/articles/stentirovanie-bokovogo-zheludochka-kak-metod-razvitiya-izolirovannogo-visochno-roga-posle-udaleniya-opukholi-bokovogo-zheludochka-klinicheskoe-nablyudenie-i-obzor-literatury/70275.html)

- profilaktiki-razvitiya-izolirovannogo-visochnogo-roga-posle-udaleniya-opukholi-bokovogo-zheludochka-klinicheskoe-nablyudenie-i-obzor-literatury/70275.html
6. Oi S., Abbott R. Loculated ventricles and isolated compartments in hydrocephalus: their pathophysiology and the efficacy of neuroendoscopic surgery. *Neurosurg Clin N Am* 2004;15(1): 77–87. DOI: 10.1016/S1042-3680(03)00072-X
 7. Lin Z., Wang C., Gao Z. et al. Clinical characteristics of and treatment protocol for trapped temporal horn following resection of lateral ventricular trigone meningioma: a single-center experience. *J Neurosurg* 2019;132(2):481–90. DOI: 10.3171/2018.11.JNS182710
 8. Krähenbühl A.K., Baldauf J., Gaab M.R., Schroeder H.W. Endoscopic temporal ventriculocisternostomy: an option for the treatment of trapped temporal horns. *J Neurosurg Pediatr* 2013;11(5):568–74. DOI: 10.3171/2013.2.PEDS12417
 9. Hervey-Jumper S.L., Ziewacz J.E., Heth J.A., Sullivan S.E. Frontal-to-temporal horn shunt as treatment for temporal horn entrapment. *J Neurosurg* 2010;112(2):410–3. DOI: 10.3171/2009.3.JNS081423
 10. Chen C.C., Kasper E.M., Zinn P.O., Warnke P.C. Management of entrapped temporal horn by temporal horn to prepontine cistern shunting. *World Neurosurg* 2013;79(2):404.e7–10. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.02.025
 11. Zhang B., Wang X., Li C., Li Z. Neuroendoscopic fenestration for entrapped temporal horn after surgery: report of 3 cases. *World Neurosurg* 2018;112:77–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.096
 12. Paredes I., Orduna J., Fustero D. et al. Endoscopic temporal ventriculocisternostomy for the management of temporal horn entrapment: report of 4 cases. *J Neurosurg* 2017;126(1):298–303. DOI: 10.3171/2016.1.JNS152248

Вклад авторов

С.А. Маряшев: выполнение хирургических операций, написание текста статьи;
Р.Э. Ишкинин: наблюдение за пациентами;
Н.С. Грачев: сбор данных для анализа;
В.Ю. Жуков: научное редактирование;
Д.И. Пицхелаури: выполнение хирургических операций.

Authors' contributions

S.A. Maryashev: performing surgical operations, article writing;
R.E. Ishkinin: patient monitoring;
N.S. Grachev: data collection for analysis;
V.Yu. Zhukov: scientific editing;
D.I. Pitskhelauri: performing surgical operations.

ORCID авторов / ORCID of authors

С.А. Маряшев / S.A. Maryashev: <https://orcid.org/0000-0002-0108-0677>
Р.Э. Ишкинин / R.E. Ishkinin: <https://orcid.org/0000-0003-4695-3715>
Н.С. Грачев / N.S. Grachev: <https://orcid.org/0000-0002-6390-4192>
В.Ю. Жуков / V.Yu. Zhukov: <https://orcid.org/0000-0002-2523-3009>
Д.И. Пицхелаури / D.I. Pitskhelauri: <https://orcid.org/0000-0003-0374-7970>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. All patients signed an informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 14.05.2023. **Принята к публикации:** 25.01.2024.

Article submitted: 14.05.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

ПРЕИМУЩЕСТВЕННАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ПУТИ МЕТАСТАЗИРОВАНИЯ В ГОЛОВНОЙ МОЗГ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЖЕНСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

С.В. Чернов¹, С.Э. Красильников¹, Д.А. Рзаев², А.В. Калиновский², А.В. Зотов², А.Р. Касымов²,
Е.В. Горمولысова², Е.К. Ужакова², М.К. Антаев²

¹Институт онкологии и нейрохирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России; Россия, 630055 Новосибирск, ул. Речкуновская, 15;

²ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России; Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Сергей Владимирович Чернов chernov.neuro@gmail.com

Введение. Метастазы злокачественных опухолей женской репродуктивной системы в головной мозг встречаются редко и составляют около 5 % всех случаев метастатического поражения центральной нервной системы. Наиболее часто метастазируют рак яичников (0,49–6,1 %), рак эндометрия (0,4–1,2 %) и рак шейки матки (0,3–0,9 %). Преимущественная локализация и пути распространения метастазов в головной мозг при данной категории опухолей могут отличаться от рака легкого, молочной железы, почек или меланомы.

Цель исследования – провести анализ локализации поражения головного мозга при метастазировании злокачественных опухолей репродуктивной системы женщин и путей диссеминации злокачественных клеток из первичного очага в центральную нервную систему.

Материалы и методы. С 2013 по 2020 г. в отделении нейроонкологии Федерального центра нейрохирургии Минздрава России (г. Новосибирск) было прооперировано 448 пациентов с метастатическим поражением головного мозга при злокачественных образованиях различных органов и систем. Из них метастазы опухолей женской репродуктивной системы встретились в 32 (7,1 %) случаях. Средний возраст пациенток составил 55,1 (27–72) года. Рак яичников явился первичным очагом в 24 (5,3 %) случаях, рак эндометрия – в 6 (1,3 %), рак шейки матки – в 2 (0,4 %). Наиболее часто метастазы были расположены в затылочной доле – в 10 (31,3 %) случаях. Субтенториальная локализация находилась на 2-м месте по частоте – 9 (28,1 %) случаев, из них метастазы в мозжечок были зарегистрированы в 8 случаях и в 1 случае метастаз располагался в стволе головного мозга.

Результаты. Тотальное удаление метастаза из головного мозга было достигнуто у всех 32 пациенток. Из 9 случаев с субтенториальной локализацией метастаза только у 1 пациентки были верифицированы метастазы в легких. У 16 пациенток после операции отмечен регресс неврологической симптоматики и улучшение состояния. Индекс Карновского на момент выписки составил в среднем 85,2 балла.

Заключение. Субтенториальная локализация метастазов при злокачественных опухолях женской репродуктивной системы занимает одно из ведущих мест. Это обусловлено тем, что диссеминация опухолевых клеток может происходить венозным (парадоксальным) путем через паравертебральную венозную сеть напрямую в мозжечок или ствол без участия малого круга кровообращения и поражения легких. Необходимо учитывать это для своевременного выявления метастатического поражения головного мозга и направления таких пациенток на нейрохирургическое лечение.

Ключевые слова: метастаз в головной мозг, метастаз в мозжечок, рак яичников, рак эндометрия, рак шейки матки, венозный (парадоксальный) путь метастазирования, вертебральная венозная сеть Бэтсона

Для цитирования: Чернов С.В., Красильников С.Э., Рзаев Д.А. и др. Преимущественная локализация и пути метастазирования в головной мозг злокачественных образований женской репродуктивной системы. Нейрохирургия 2024;26(2):54–60.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-54-60>

Predominant localization and ways of metastatic dissemination to the brain of malignant tumors of the female reproductive system

S. V. Chernov¹, S. E. Krasilnikov¹, J. A. Rzaev², A. V. Kalinovskiy², A. V. Zotov², A. R. Kasymov², E. V. Gormolysova²,
E. K. Uzhakova², M. K. Antaev²

¹Institute of Oncology and Neurosurgery, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 15 Rechkunovskaya St., Novosibirsk 630055, Russia;

²Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk), Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

Contacts: Sergey Vladimirovich Chernov chernov.neuro@gmail.com

Background. Metastases of the female reproductive system cancer to the brain are rare and reach about 5 % of all cases with metastatic lesions of the central nervous system. The most common metastases are ovarian cancer (0.49–6.1 %), endometrial cancer (0.4–1.2 %) and cervical cancer (0.3–0.9 %). The predominant localization and ways of spreading metastases to the brain in this category of tumors may differ from lung cancer, breast cancer, kidney cancer or melanoma.

Aim. To analyze the localization of brain metastases of malignant tumors of the female reproductive system and the ways of dissemination of malignant cells from the primary focus to the central nervous system.

Materials and methods. From 2013 to 2020, a total number of 448 patients with metastatic brain tumors from different cancers were operated on at the Department of Neuro-Oncology of the Federal Center of Neurosurgery (Novosibirsk). Metastases of tumors of the female reproductive system were presented in 32 (7.1 %) cases. The average age was 55.1 (27–72) years. Ovarian cancer was the primary focus in 24 (5.3 %) cases, endometrial cancer – in 6 (1.3 %), cervical cancer – in 2 (0.4 %). Occipital lobe was the most often location for the metastases in the brain and occurred in 10 (31.3 %) patients. Subtentorial localization was on the second place and noted in 9 (28.1 %) cases. Of these, metastases to the cerebellum were registered in 8 cases and in 1 case the metastasis was located in the brain stem.

Results. Gross total removal of metastasis was achieved in all 32 patients. Of 9 cases with subtentorial localization of metastasis, only 1 patient had lung metastases verified. Regression of neurological symptoms and improvement of the condition were noted in 16 patients after surgery. The Karnovsky performance score at the time of discharge was 85.2.

Conclusion. The subtentorial location of metastases in malignant tumors of the female reproductive system occupies one of the leading places. This is because the dissemination of tumor cells from the pelvis can occur through a Batson vertebral venous system directly to the cerebellum or brain stem without the pulmonary blood circulation and lung dissemination. This should be taken into account for the early diagnosis of subtentorial metastatic brain tumors and referral of these patients for neurosurgical treatment.

Keywords: brain metastasis, cerebellar metastases, ovarian cancer, endometrial cancer, cervical cancer, venous (paradoxical) metastasis dissemination, Batson vertebral venous system

For citation: Chernov S.V., Krasilnikov S.E., Rzaev J.A. et al. Predominant localization and ways of metastatic dissemination to the brain of malignant tumors of the female reproductive system. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):54–60. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-54-60>

ВВЕДЕНИЕ

Церебральные метастазы различных злокачественных опухолей занимают одно из ведущих мест в структуре всех злокачественных новообразований головного мозга и составляют, по данным литературы, от 10 до 30 % [1, 2]. При этом метастазирование в головной мозг опухолей женской репродуктивной системы встречается редко и составляет не более 5 % всех случаев метастатического поражения центральной нервной системы [3, 4]. Среди данной категории злокачественных образований наиболее часто в головной мозг метастазируют рак яичников, шейки матки и эндометрия. Метастазирование рака яичников в головной мозг, по данным литературы, встречается с частотой 0,49–6,1 % [5], метастазы рака эндометрия регистрируются в головном мозге с меньшей частотой – 0,4–1,2 % [6], самым редким является метастазирование в головной мозг рака шейки матки – частота составляет всего 0,3–0,9 % [7]. Таким образом, данные злокачественные опухоли относятся к нейрофобным, и магнитно-резонансная томография головного мозга не входит в стандартное обследование таких пациентов. Однако значимость в нейроонкологической практике метастазов даже редко метастазирующих опухолей

не следует недооценивать. Как правило, метастазирование в головной мозг при различных видах рака женской репродуктивной системы происходит на поздних стадиях развития заболевания. Именно это обуславливает низкую медиану продолжительности жизни этих пациенток, которая при раке яичников и метастазах в головной мозг в среднем не превышает 8,2 мес [8, 9].

Несмотря на редкость метастазирования злокачественных новообразований женской репродуктивной системы, следует помнить об этом и быть настороженным при лечении и наблюдении таких пациенток, тем более что механизм метастазирования и преимущественная локализация метастазов этих опухолей в головном мозге могут отличаться от других злокачественных опухолей, таких как рак легкого, молочной железы, почек или меланома.

Цель исследования – проведение анализа преимущественной локализации метастазов в головной мозг и путей их распространения при злокачественных опухолях репродуктивной системы у женщин. Это необходимо для своевременного их выявления и проведения комплексного лечения пациенток, включая нейрохирургическое пособие, что позволяет значительно

улучшить результаты лечения таких пациенток, увеличить общую продолжительность их жизни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За период с 2013 по 2020 г. в отделении нейроонкологии Федерального центра нейрохирургии Минздрава России (г. Новосибирск) было прооперировано 448 пациентов с метастазами в головной мозг различной гистологической структуры. Из них метастазы женской репродуктивной системы встретились в 32 случаях, что составило 7,1 % всех прооперированных пациентов. Клинические данные пациенток представлены в таблице.

Клинические данные пациенток ($n = 32$)

Patients' clinical data ($n = 32$)

Показатель Parameter	Значение Value
Средний возраст (диапазон), лет Mean age (range), years	55,1 (27–72)
Первичный очаг, n (%): First lesion, n (%):	
рак яичников ovarian cancer	24 (5,3)
рак эндометрия endometrial cancer	6 (1,3)
рак шейки матки cervical cancer	2 (0,4)
Количество метастазов в головном мозге, n (%): Number of metastases in the brain, n (%):	
единичное поражение single lesion	14 (43,7)
множественное поражение (≥ 2) multiple lesions (≥ 2)	18 (66,3)
Размер метастазов, n (%): Metastases size, n (%):	
$>5,0$ см >5.0 cm	8 (25)
$3,0–5,0$ см $3.0–5.0$ cm	21 (65,6)
$2,0–3,0$ см $2.0–3.0$ cm	3 (9,4)
Средний индекс Карновского до операции, баллы Mean Karnofsky performance status prior to surgery, points	71,6

Средний возраст пациенток составил 55 лет. В качестве первичной опухоли рак яичников встретился в наибольшем числе случаев (5,3 %), рак эндометрия был на 2-м месте по распространенности (1,3 %) и на 3-м месте — рак шейки матки (0,4 %). У большинства пациенток (66,3 %) наблюдалось множественное поражение (≥ 2 метастазов в головной мозг). Размер оперированного метастатического очага в большинстве случаев (65,6 %) был от 3,0 до 5,0 см в диаметре, а в 8 (25 %) случаях превышал 5,0 см в максимальном измерении. Общее состояние пациенток оценивалось

с использованием общепринятой шкалы Карновского. Средняя оценка по шкале Карновского до операции составила 71,6 балла.

Распределение метастазов по локализации в различных отделах головного мозга представлено на рис. 1.

В задней черепной ямке (субтенториально) метастазы располагались в 9 (28,1 %) случаях, из них метастазирование в мозжечок встретилось в 8 (25 %) случаях и в 1 (3,1 %) случае метастаз рака яичников локализовался в стволе головного мозга. Распределение метастазов, расположенных в больших полушариях, по локализации в разных долях было следующим: в лобной и височной долях — по 5 (15,6 %) случаев, в теменной доле — в 2 (6,3 %) случаях, в затылочной доле — в 10 (31,3 %) случаях, т.е. у максимального числа пациенток. Таким образом, у 19 (59,4 %) пациенток метастазы располагались в задних отделах головного мозга, что составляет большинство случаев в нашей серии.

Неврологический дефицит был представлен обшемозговой симптоматикой у всех 32 пациенток. Очаговая симптоматика до операции наблюдалась у 20 (62,5 %) пациенток. Из них у 6 пациенток был умеренный контралатеральный гемипарез, у 1 — элементы моторной афазии, 3 пациентки имели структурную эпилепсию, нарушение функции черепно-мозговых нервов было у пациенток с поражением кавернозного синуса и ствола, у всех 8 пациенток с расположением метастаза в мозжечке присутствовала мозжечковая атаксия. В 3 случаях при размере метастаза в мозжечке $>3,5$ см за счет отека и масс-эффекта от самой опухоли наблюдалась компрессия IV желудочка с развитием окклюзионной гидроцефалии. Оперативное лечение этим пациенткам проводилось в день поступления в стационар.

У 7 пациенток с субтенториальным расположением метастатического очага (мозжечок и ствол) индекс



Рис. 1. Распределение метастазов по локализации в различных отделах головного мозга ($n = 32$)

Fig. 1. Metastasis locations in different parts of the brain ($n = 32$)

Карновского был 60 баллов и только у 2 пациенток — 70 баллов, таким образом, они составили группу больных в наиболее тяжелом состоянии.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все пациентки ($n = 32$) были оперированы с использованием операционного микроскопа, нейронавигации, микрохирургического инструментария и нейрофизиологического мониторинга. Показанием к операции являлись наличие единичного метастаза в головной мозг, вызывающего симптоматику, либо наибольший по размеру очаг при множественном поражении, который вызывал масс-эффект и неврологический дефицит.

Целью хирургического лечения было радикальное удаление симптомного метастаза с верификацией гистологического диагноза, устранением масс-эффекта и купированием неврологической симптоматики, что было достигнуто во всех 32 случаях. После выполненной операции нарастания неврологического дефицита не было зарегистрировано ни в одном случае, наоборот, у 16 пациенток было отмечено улучшение в виде регресса дооперационной неврологической симптоматики. Наиболее выраженная положительная динамика была отмечена в группе пациенток с метастазами в заднюю черепную ямку — в 5 (62,5 %) из 8 случаев состояние этих пациенток значительно улучшилось после проведенной операции за счет регресса общемозговой симптоматики и уменьшения проявлений мозжечковой атаксии, в остальных 3 случаях не изменилось. У 3 пациенток с окклюзионной гидроцефалией оперативное лечение было выполнено в день поступления в стационар и направлено на устранение метастаза как причины развития гидроцефалии. Невозможности в проведении ликворошунтирующей операции у этих пациенток не возникло. Средняя оценка по шкале Карновского после операции составила 85,2 балла (до операции — 71,6 балла).

Мы проанализировали данные предоперационных обследований всех пациенток с субтенториальным расположением метастазов и выяснили, что в 8 (88,9 %) случаях метастатического поражения легких обнаружено не было. Только у 1 пациентки были верифицированы метастазы в легочной ткани и лимфатических узлах средостения.

Наиболее частым гистологическим вариантом среди метастазов были аденокарциномы — 19 (59,3 %) случаев. Остальные варианты встречались реже и были представлены железистым раком — 5 (15,6 %) случаев, светлоклеточной карциномой — 4 (12,5 %), плоскоклеточной карциномой — 2 (6,2 %), низкодифференцированным раком — 2 (6,2 %) случая.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее частым вариантом распространения метастазов злокачественных опухолей, в том числе

и образований женской репродуктивной системы, в головной мозг является прямой гематогенный путь метастазирования [10]. При этом метастазы обычно достигают центральной нервной системы через систему нижней полой вены, правые отделы сердца и через малый круг кровообращения достигают легких. Далее раковые клетки в самих легких формируют «первичные» метастазы, из которых с током крови опухолевые клетки попадают в левые отделы сердца и затем через бассейн внутренних сонных артерий распространяются в головной мозг с развитием так называемых «вторичных» метастазов.

Так как большие полушария мозга имеют преимущественное кровоснабжение из бассейнов правой и левой внутренних сонных артерий, что составляет до 80 % общего кровотока головного мозга, соответственно, при данном пути распространения метастазов большая их часть должна быть расположена именно в долях больших полушарий: лобной, височной и теменной. Мозжечок и ствол мозга являются менее частой локализацией метастазов различных злокачественных опухолей — 10–15 и 3 % случаев соответственно [11]. Однако злокачественные новообразования малого таза, наоборот, часто имеют распространение в заднюю черепную ямку — мозжечок, ствол мозга, а также затылочную долю, которые преимущественно кровоснабжаются из вертебробазиллярного бассейна и задней мозговой артерии. Так, по данным метаанализа большого количества данных литературы за период с 1970 по 2020 г. частота метастазирования рака эндометрия в мозжечок была на 1-м месте среди всех отделов головного мозга и составила 25,6 %, а метастазы в затылочную долю встретились в 15,4 % случаев. Такая же тенденция отмечена и для метастазов рака шейки матки, а именно — в мозжечке, который составляет всего 12,6 % всего объема головного мозга, метастазы рака шейки матки наблюдались в 26,7 % случаев, уступая по локализации только теменной доле (34,2 % случаев). Метастазы при этом типе рака в затылочную долю были выявлены в 20,3 % случаев [12]. Рак яичников также не является исключением и имеет аналогичную тенденцию распространения в заднюю черепную ямку. Так, по данным A. Wohl и соавт. (2019), субтенториальные метастазы встречались в 36 % случаев, что служило неблагоприятным прогностическим признаком при оценке общей выживаемости этих пациенток [13].

При этом далеко не всегда при наличии метастазов в головном мозге выявляют метастазы в легких, что не вполне закономерно, если рассматривать вариант прямой гематогенной диссеминации через большой и малый круги кровообращения. В нашей серии наблюдений у 9 (28,1 %) пациенток метастазы также встретились в задней черепной ямке. При этом только в 1 случае было верифицировано метастатическое поражение легких и лимфатических узлов средостения. В остальных 8 (88,9 %) случаях метастазов в легочной

паренхиме по данным предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки зафиксировано не было. Среди случаев поражения больших полушарий распространение метастазов в затылочную долю оказалось на 1-м месте и составило 31,3 % (10 пациентов).

Высокий процент метастазирования данной категории опухолей субтенториально можно объяснить тем, что злокачественные новообразования полости малого таза могут диссеминировать и совершенно другим путем, а именно через сосуды позвоночного венозного сплетения (паравертебральное сплетение Бэтсона (Batson)), проникая непосредственно в венозный кровоток, окружающий позвоночный столб и спинной мозг (рис. 2). Это так называемый парадоксальный венозный путь метастазирования злокачественных опухолей малого таза — без участия легочного круга кровообращения [14–16].

Изучение позвоночного венозного сплетения началось в начале XIX в. с работ французского физиолога и анатома Гильберта Брехета, который в 1819 г. впервые детально описал его анатомию [17]. Далее уже в середине XX в. американский ученый Оскар Бэтсон (Oscar Batson) продолжил эти работы. При этом он сделал акцент не только на анатомических особенностях, но и на физиологии и функции этого обширного венозного сплетения, а также определил его роль в метастазировании злокачественных опухолей малого таза [18, 19].

В различных анатомических исследованиях было определено, что данная паравертебральная венозная система характеризуется отсутствием клапанов и, как следствие этого, кровоток в этих венах возможен в обоих направлениях — как краниально, так и каудально [20]. При этом данная венозная сеть напрямую связана с синусами твердой мозговой оболочки, венами подкожно-жировой клетчатки кожных покровов головы и венами мозга и костей черепа, формируя в свою очередь обширную венозную систему, которая объединяет церебральные вены, венозную сеть грудной и брюшной полости, а также малого таза. Физиологически это необходимо для регуляции внутричерепного давления, связанного с различными состояниями, такими как смена положения тела в пространстве, кашель, чихание, а также в терморегуляции головного и спинного мозга. Именно ретроградный ток крови при различных состояниях обеспечивает заброс опухолевых клеток в структуры задней черепной ямки из основного очага в малом тазу по паравертебральной венозной системе Бэтсона, минуя легочный круг кровообращения.

Таким образом, с учетом анатомических особенностей расположения первичного очага в полости малого таза при злокачественных образованиях женской репродуктивной системы, а также наличия крупного венозного сплетения и связи его с венами и синусами

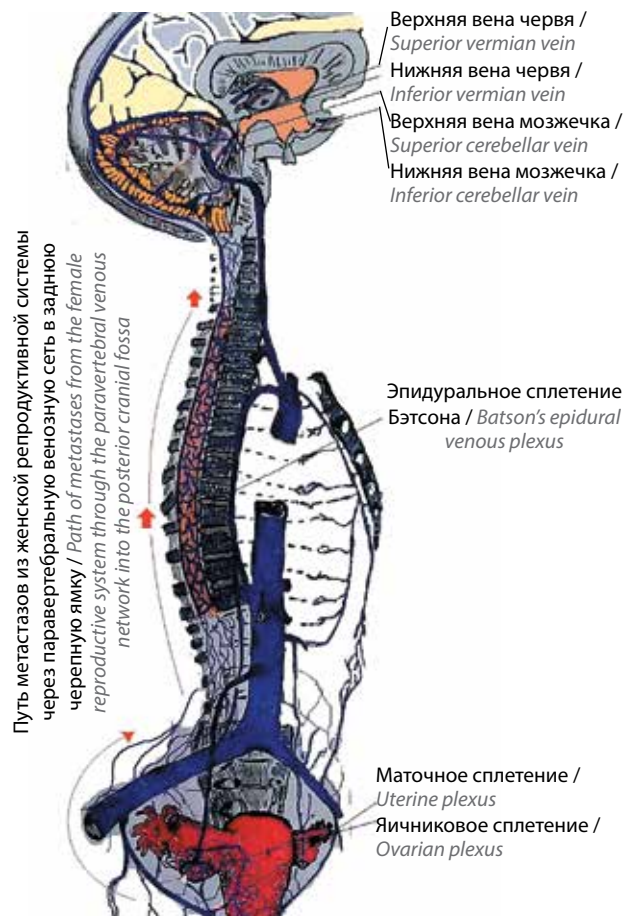


Рис. 2. Путь распространения метастазов рака женской репродуктивной системы через венозное сплетение Бэтсона (рисунок подготовлен М.К. Антаевым)

Fig. 2. Path of metastases of female reproductive system cancer through the Batson venous plexus (the figure was designed by M.K. Antaev)

головного мозга и возможностью венозного (парадоксального) распространения злокачественных клеток именно в структуры задней черепной ямки становится понятной тропность метастазирования этих опухолей в структуры мозжечка и ствол головного мозга.

Несмотря на то что у таких распространенных злокачественных опухолей, дающих метастазы в головной мозг, как рак легкого и рак молочной железы, также отмечается тропность к структурам задней черепной ямки [21, 22], основным путем метастазирования будет являться именно гематогенный — через артериальный круг кровообращения с поражением в первую очередь легочной ткани, затем через артерии вертебробазиллярного бассейна с распространением в затылочную долю, мозжечок и ствол. В нашей серии наблюдений в абсолютном большинстве случаев метастазирования в заднюю черепную ямку не было выявлено метастазов в легкие (у 8 (88,9 %) из 9 пациентов), что подтверждает высокую вероятность распространения этих метастазов из первичного очага в малом тазу в структуры мозжечка и ствол именно парадоксальным путем — через паравертебральное венозное сплетение Бэтсона.

В связи с редкостью развития метастатического поражения головного мозга при различных гинекологических раковых заболеваниях такие методы диагностики, как магнитно-резонансная и компьютерная томография головного мозга, не входят в стандарт обследований при ведении этих пациенток [23, 24]. При этом такие проявления внутричерепной гипертензии, как головная боль, тошнота, рвота, а также нарушения координации движений и атаксия, часто расцениваются как побочные эффекты от проводимой химиотерапии или других специальных методов лечения. Соответственно, диагностика метастазов в головной мозг при опухолях женской репродуктивной системы может быть запоздалой. В связи с тем что одной из самых частых локализаций метастазирования является задняя черепная ямка, своевременность диагностики имеет очень большое значение для этих пациенток, ведь при локализации метастаза в мозжечке или стволе головного мозга декомпенсация у этих больных может наступить очень быстро из-за развития выраженного отека вокруг опухоли, компрессии IV желу-

дочка, развития окклюзионной гидроцефалии и дислокационного синдрома с ущемлением ствола головного мозга в большом затылочном отверстии. Все это может привести к летальному исходу в очень короткое время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, необходимо помнить, что при злокачественных опухолях органов женской репродуктивной системы метастазирование в головной мозг может идти через паравerteбральную венозную сеть (венозную систему Бэтсона) напрямую в заднюю черепную ямку с развитием метастатических очагов в мозжечке, стволе головного мозга. Поэтому при появлении у таких пациенток любой неврологической симптоматики, особенно связанной с внутричерепной гипертензией или развитием атаксии, необходимо как можно быстрее назначить исследование головного мозга для своевременного выявления метастазов. Это может значительно увеличить общую выживаемость пациенток при адекватном нейрохирургическом пособии и дальнейшем лечении у радиологов и онкологов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Зайцев А.М., Куржупов М.И., Самарин А.Е., Кирсанова О.Н. Лечение метастатического поражения головного мозга. Исследование и практика в медицине 2015;2(2):8–14. DOI: 10.17709/2409-2231-2015-2-2-8-14
Zaitsev A.M., Kurzhupov M.I., Potapova E.A., Kirsanova O.N. Treatment of metastatic brain lesion. Issledovaniya i praktika v meditsine = Research and Practical Medicine Journal 2015;2(2): 8–14. (In Russ.). DOI: 10.17709/2409-2231-2015-2-2-8-14
2. Achrol A.S., Rennert R.C., Anders C. et al. Brain metastases. Nat Rev Dis Primers 2019;5(1):5. DOI: 10.1038/s41572-018-0055-y
3. Зайцев А.М., Новикова Е.Г., Кирсанова О.Н. и др. Возможности лечения больных злокачественными новообразованиями органов женской репродуктивной системы с метастатическим поражением головного мозга. Исследования и практика в медицине 2016;3(3):17–29. DOI: 10.17709/2409-2231-2016-3-3-2
Zaitsev A.M., Novikova E.G., Kirsanova O.N. et al. The possibilities of treatment of patients with malignant neoplasms of the female reproductive system with metastatic brain lesion. Issledovaniya i praktika v meditsine = Research and Practical Medicine Journal 2016;3(3):17–29. (In Russ.). DOI: 10.17709/2409-2231-2016-3-3-2
4. Севян Н.В., Карахан В.Б., Насхлеташвили Д.Р. и др. Церебральные метастазы опухолей женской репродуктивной системы. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии 2020;19(4):172–7. DOI: 10.20953/1726-1678-2020-4-172-177
Sevyan N.V., Karakhan V.B., Naskhletashvili D.R. et al. Cerebral metastases of tumors of the female reproductive system. Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii = Gynecology, Obstetrics and Perinatology 2020;19(4):172–7. (In Russ.). DOI: 10.20953/1726-1678-2020-4-172-177
5. Borella F., Bertero L., Morrone A. et al. Brain metastases from ovarian cancer: current evidence in diagnosis, treatment, and prognosis. Cancers (Basel) 2020;12(8):2156. DOI: 10.3390/cancers12082156
6. Cybulska P., Stasenko M., Alter R. et al. Brain metastases in patients with low-grade endometrial carcinoma. Gynecol Oncol Rep 2018;26:87–90. DOI: 10.1016/j.gore.2018.10.010
7. Kim Y.Z., Kwon J.H., Lim S. A clinical analysis of brain metastasis in gynecologic cancer: a retrospective multi-institute analysis. J Korean Med Sci 2015;30(1):66–73. DOI: 10.3346/jkms.2015.30.1.66
8. Gadducci A., Tana R., Teti G. et al. Brain recurrences in patients with ovarian cancer: report of 12 cases and review of the literature. Anticancer Res 2007;27(6C):4403–9.
9. Kolomainen D.F., Larkin J.M., Badran M. et al. Epithelial ovarian cancer metastasizing to the brain: a late manifestation of the disease with an increasing incidence. J Clin Oncol 2002;20(4):982–6. DOI: 10.1200/JCO.2002.20.4.982
10. Ogawa K., Yoshii Y., Aoki Y. et al. Treatment and prognosis of brain metastases from gynecological cancers. Neurol Medico-Chir 2008;48:57–63. DOI: 10.2176/nmc.48.57
11. Disibio G., French S.W. Metastatic patterns of cancers: results from the large autopsy study. Arch Pathol Lab Med 2008;132(6):931–9. DOI: 10.5858/2008-132-931-MPOCRF
12. Kato M.K., Tanase Y., Uno M. et al. Brain metastases from uterine cervical and endometrial cancer. Cancers (Basel) 2021;13(3):519. DOI: 10.3390/cancers13030519
13. Wohl A., Kimchi G., Korach J. et al. Brain metastases from ovarian carcinoma: an evaluation of prognostic factors and treatment. Neurol India 2019;67(6):1431–6. DOI: 10.4103/0028-3886.273627
14. Tosoni A., Ermani M., Brandes A.A. The pathogenesis and treatment of brain metastases: a comprehensive review. Crit Rev Oncol Hematol 2004;52(3):199–215. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2004.08.006
15. Piura E., Piura B. Brain metastases from endometrial carcinoma. ISRN Oncol 2012;2012:5817493. DOI: 10.5402/2012/581749
16. Carpenter K., Decater T., Iwanaga J. et al. Revisiting the vertebral venous plexus – a comprehensive review of the literature. World Neurosurg 2020;145:381–95. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.10.004

17. Nathoo N., Caris E.C., Wiener J.A., Mendel E. History of the vertebral venous plexus and the significant contributions of Breschet and Batson. *Neurosurgery* 2011;69(5):1007–14. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318227486
18. Batson O.V. The vertebral system of veins as a means for cancer dissemination. *Prog Clin Cancer* 1967;3:1–18.
19. Batson O.V. The vertebral vein system. Caldwell lecture, 1956. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1957;78(2):195–212.
20. Stringer M.D., Restieaux M., Fisher A.L., Crosado B. The vertebral venous plexuses: the internal veins are muscular and external veins have valves. *Clin Anat* 2012;25(5):609–18. DOI: 10.1002/ca.21281
21. Cardinal T., Pangal D., Strickland B.A. et al. Anatomical and topographical variations in the distribution of brain metastases based on primary cancer origin and molecular subtypes: a systematic review. *Neurooncol Adv* 2021;4(1):vdab170. DOI: 10.1093/oaajnl/vdab170
22. Le Rhun E., Guckenberger M., Smits M. et al. EANO–ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up of patients with brain metastasis from solid tumours. *Ann Oncol* 2021;32(11):1332–47. DOI: 10.1016/j.annonc.2021.07.016
23. Elit L., Fyles A.W., Oliver T.K. et al. Follow-up for women after treatment for cervical cancer. *Curr Oncol* 2010;17(3):65–9. DOI: 10.3747/co.v17i3.514
24. Divine L.M., Kizer N.T., Hagemann A.R. et al. Clinicopathologic characteristics and survival of patients with gynecologic malignancies metastatic to the brain. *Gynecol Oncol* 2016;142:76–82. DOI: 10.1016/j.ygyno.2016.04.030

Вклад авторов

С.В. Чернов: идея и дизайн исследования, написание текста статьи;
 С.Э. Красильников, Д.А. Рзаев: участие в разработке дизайна исследования, коррекция основных разделов статьи;
 А.В. Калиновский, А.В. Зотов, А.Р. Касымов, Е.В. Гормолысова, Е.К. Ужакова: сбор и анализ данных;
 М.К. Антаев: оформление иллюстрации (схемы метастазирования через венозное сплетение Бэтсона).

Authors' contributions

S.V. Chernov: idea and design of the study, article writing;
 S.E. Krasilnikov, D.A. Rzaev: participation in the development of the study design, correction of the main sections of the article;
 A.V. Kalinovskiy, A.V. Zotov, A.R. Kasymov, E.V. Gormolysova, E.K. Uzhakova: data collection and analysis;
 M.K. Antaev: design of the illustration (schemes of metastasis through the Batson venous plexus).

ORCID авторов / ORCID of authors

С.В. Чернов / S.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-7039-7010>
 С.Э. Красильников / S.E. Krasilnikov: <https://orcid.org/0000-0003-0687-0894>
 Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>
 А.В. Калиновский / A.V. Kalinovskiy: <https://orcid.org/0000-0001-7003-5549>
 А.В. Зотов / A.V. Zotov: <https://orcid.org/0000-0002-8122-4879>
 А.Р. Касымов / A.R. Kasymov: <https://orcid.org/0000-0002-0331-625X>
 Е.В. Гормолысова / E.V. Gormolysova: <https://orcid.org/0000-0002-7996-8449>
 Е.К. Ужакова / E.K. Uzhakova: <https://orcid.org/0000-0003-1684-4921>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Исследование носило ретроспективный характер.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study was retrospective.

Статья поступила: 20.10.2022. **Принята к публикации:** 25.01.2024.

Article submitted: 20.10.2022. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-61-69>

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ НИЗКОЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ГЛИОМ ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗОН ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Д.В. Низолин, А.В. Ким, Ю.А. Зуева, О.О. Шмелева, Н.Е. Маслов, А.Ю. Ефимцев, Э.Т. Назаралиева,
К.А. Самочерных

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия,
197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

Контакты: Дмитрий Владимирович Низолин dlarinskij@mail.ru

Хирургическое лечение опухолей, расположенных вблизи функционально значимых зон, подразумевает использование таких технологий, как краниотомия в сознании, кортикальная и субкортикальная стимуляция. Задача этих и других технологий – достижение максимального объема резекции опухоли без ухудшения функционального статуса пациента. Применение вышеупомянутых технологий у взрослых пациентов хорошо изучено, чего нельзя сказать в отношении педиатрических пациентов.

Цель работы – представить 2 клинических случая успешного лечения педиатрических пациентов с низкозлокачественными глиомами функционально значимых зон головного мозга и обзор литературы по данной проблеме.

В клинических наблюдениях выявлено поражение функционально значимых зон: сенсорной речевой коры и кортикоспинального тракта соответственно. Поражение речевой коры в первом представленном наблюдении подтверждено также данными функциональной магнитно-резонансной томографии. В первом случае проведена операция с пробуждением, использованием кортикального и субкортикального картирования, во втором – с использованием субкортикального картирования и метаболической навигации. И в том и в другом случае достигнуто тотальное удаление опухоли при удовлетворительном функциональном исходе.

Достижение оптимального баланса функционального исхода и степени радикальности удаления низкозлокачественных опухолей функционально значимых зон возможно при использовании комплексного подхода, основанного на анализе разномодальных данных.

Ключевые слова: функционально значимые зоны, краниотомия в сознании, кортикальная стимуляция

Для цитирования: Низолин Д.В., Ким А.В., Зуева Ю.А. и др. Хирургическое лечение низкозлокачественных глиом функционально значимых зон головного мозга у детей: обзор литературы и клинические наблюдения. Нейрохирургия 2024;26(2):61–9.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-61-69>

Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child: a literature review and clinical cases

D.V. Nizolin, A.V. Kim, Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva, N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva, K.A. Samochernykh

V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia

Contacts: Dmitry Vladimirovich Nizolin dlarinskij@mail.ru

Surgical treatment of tumors located near functional areas involves the use of technologies such as awake craniotomy, cortical and subcortical stimulation. The introduction of these and other technologies makes it possible to achieve maximum resection of the tumor without compromising the functional status of the patient. The use of this technologies has been well studied in adults, but this not about pediatric patients.

Aim of the work is to present two clinical cases of successful treatment of low-grade gliomas of functional areas of the brain in children and literature review.

In clinical cases, damage of functionally significant areas were noted: the sensory speech cortex and the corticospinal tract. The involving speech cortex in the first case was also confirmed by functional magnetic resonance imaging. In the first case, an operation was performed with awake craniotomy, using cortical and subcortical mapping, in the second, using subcortical mapping and metabolic navigation. Total tumor resection was achieved in both clinical cases with a good functional outcome.

Achieving an optimal balance of functional outcome and the degree of radical removal of low-grade tumors of functional areas is possible using an integrated approach based on the analysis of multimodal data.

Keywords: functional areas, awake craniotomy, cortical stimulation

For citation: Nizolin D.V., Kim A.V., Zueva Yu.A. et al. Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child: a literature review and clinical cases. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):61–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-61-69>

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент не вызывает сомнений то, что максимальное удаление глиальных опухолей играет решающую роль в лечении как во взрослой популяции, так и в детской [1–4]. Тем не менее увеличение степени резекции может быть сопряжено с развитием стойкого неврологического дефицита и, как следствие, значительным снижением качества жизни [2]. Достижение баланса между онкологической пользой и функциональным исходом — приоритетная задача современной нейроонкологии. Данное утверждение особенно актуально в случаях глиом функционально значимых зон (ФЗЗ). Проблема хирургии опухолей ФЗЗ достаточно исследована применительно к взрослой популяции, что отражается в довольно большом количестве серий наблюдений, чего нельзя сказать о данной проблеме в нейрохирургии детского возраста [2, 5, 6].

Достоверно оценить распространенность опухолей ФЗЗ больших полушарий головного мозга в детской популяции сложно. Тем не менее известно, что в России ежегодно регистрируется 1–1,2 тыс. новых случаев опухолей головного мозга у детей, 25 % из которых располагаются супратенториально [7]. По данным зарубежной литературы, около 40 % опухолей головного мозга, выявляемых у пациентов детского возраста, располагаются в супратенториальной области, из них 20 % — в ФЗЗ [8].

Успешное лечение глиом ФЗЗ требует применения краниотомии в сознании (КС), различных опций нейромониторинга и нейровизуализации. При этом выбор в пользу той или иной технологии напрямую зависит от зоны интереса и реализуемой при ее непосредственном участии функции.

Использование КС позволяет снизить риск развития перманентного неврологического дефицита при хирургическом лечении глиальных опухолей как высокой, так и низкой степени злокачественности [8–11]. Метаанализ серий операций с пробуждением показал снижение частоты развития неврологических нарушений на 58 % и более высокую степень радикальности по сравнению с процедурами без интраоперационного картирования [12]. В обзоре, включившем данные 951 случая, было показано, что операция

с пробуждением обуславливает более короткое пребывание в больнице (4 дня против 9 дней) и меньшее количество неврологических осложнений (7 % против 23 %) по сравнению с аналогичными операциями без пробуждения [13]. Однако, несмотря на растущий опыт применения КС, данный подход все еще редко используется в детской практике, о чем свидетельствуют немногочисленные серии наблюдений [5, 6, 14–17]. Тем не менее КС у детей возможна и демонстрирует схожий уровень эффективности в сравнении со взрослой популяцией при определенных условиях [5].

Цель настоящей работы — представить 2 клинических случая успешного лечения педиатрических пациентов с низкоккачественными глиомами ФЗЗ головного мозга и обзор литературы по данной проблеме.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ НИЗКОЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ГЛИОМ ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗОН ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ

Методика проведения КС у детей, а также критерии отбора пациентов подробно описаны (несмотря на недостаточное количество описанных серий наблюдений), чего нельзя сказать о методике кортикальной стимуляции.

Единого протокола по стимуляции речевых зон в педиатрической практике нет. Данные, основанные на имеющихся сериях наблюдений, разнятся в отношении определения параметров стимуляции. Так, в исследовании L.N. Lohkamp и соавт. рекомендуется начальная сила тока 1 мА, максимальная — 7 мА [17], а J.A. Balogun и соавт. использовали интенсивность стимуляции в диапазоне от 3 до 14 мА [6].

Субкортикальная стимуляция признана «золотым стандартом» для идентификации кортикоспинального тракта. Тем не менее данный метод до сих пор не стандартизирован [18–20]. В некоторых работах критическим считается получение моторных вызванных потенциалов при стимуляции кортикоспинальных волокон с силой тока 1–2 мА. [19, 20]. По другим данным, операция при получении ответов с такой силой тока может быть продолжена в случае уверенности хирурга в возможности полного удаления опухоли [21].

В то же время результаты анализа 294 операций с субкортикальной стимуляцией показали, что тракты белого вещества могут быть идентифицированы, когда край резекции уже находится внутри интересующего тракта или на расстоянии 2–3 мм, что значительно увеличивает риск их повреждения [22].

Субкортикальная стимуляция позволяет идентифицировать тракты белого вещества интраоперационно, однако информация о положении и ходе трактов необходима также на этапе планирования.

Диффузно-тензорные изображения стали основным способом обозначения трактов при предоперационном планировании. В головном мозге однонаправленное движение молекул воды называют анизотропией. Поскольку в белом веществе движение молекул воды происходит параллельно аксональным волокнам, это движение можно зафиксировать и получить информацию о положении трактов [23].

Сравнение данных трактографии и субкортикальной стимуляции показало довольно оптимистичные результаты. Для установления степени соответствия результатов предоперационной трактографии и интраоперационной субкортикальной стимуляции в некоторых исследованиях использовали расстояние между точкой субкортикальной стимуляции и данными нейронавигационной станции [24, 25]. Было показано, что это расстояние составляет порядка 8,7 мм [26, 27].

Хорошо зарекомендовало себя использование данных трактографии и систем нейронавигации. J.S. Wu и соавт. показали, что использование нейронавигации с трактографией на основе диффузно-тензорной визуализации без субкортикальной стимуляции позволяет значительно снизить послеоперационный моторный дефицит при максимальной резекции у пациентов с глиомами [28]. A. Romano и соавт. оценили применение трактографии как на этапе планирования, так и интраоперационно в исследовании, включившем 28 пациентов. По данным этих авторов, трактография в 25 % случаев повлияла на выбор доступа и в 64 % случаев — на определение края резекции. Подобные результаты были получены и в других исследованиях с участием пациентов с опухолями [29].

В целом большинство исследований показало, что трактография на основе диффузно-тензорной визуализации является достаточно точным методом для идентификации моторных, речевых и зрительных трактов. Однако идентификация трактов при значительном отеке, пересечении волокон довольно проблематична [24, 30]. Так называемый «сдвиг мозга» также может ограничивать применение трактографии вместе с нейронавигацией. Отчасти элиминировать данное ограничение может помочь применение ультразвукового сканирования в реальном времени, сопряженного с нейронавигацией [31].

Помимо идентификации трактов белого вещества на этапе планирования, необходимо располагать

информацией о расположении самих ФЗЗ. Для этого используют функциональную магнитно-резонансную томографию (фМРТ) — метод, основанный на изменении мозгового кровотока в местах повышенной нейрональной активности. Лежащий в основе данного метода феномен BOLD (blood oxygenation level independent) связан с различными магнитными свойствами 2 модификаций железосодержащих молекул гемоглобина — окси- и дезоксигемоглобина. Усиление метаболической активности нейронов приводит к увеличению интенсивности кровотока, что регистрируется при фМРТ. В ходе исследования регистрируется ответ коры на речь или произвольное движение пальцем и др. [32]. Данный метод имеет ограничения, связанные с артефактами движения, а также искажением сигнала сосудами, питающими опухоль [17, 32]. В настоящее время все чаще используют фМРТ в состоянии покоя, которая также хорошо зарекомендовала себя в предоперационной идентификации ФЗЗ. К преимуществам данного метода относится возможность полной идентификации сети определенной ФЗЗ, а не только той части, что ответственна за выполнение задания. Также данный метод не требует выполнения заданий, что особенно актуально в педиатрической популяции [33, 34].

Отдельное внимание следует уделять использованию метаболической навигации как дополнительного метода, облегчающего ориентацию на интраоперационном этапе.

Широкое распространение в хирургии глиом высокой степени злокачественности получило использование 5-аминолевулиновой кислоты (5-ALA) [35]. Однако роль 5-ALA в хирургии глиом низкой степени злокачественности до сих пор оценивается неоднозначно [36]. По данным M. Jaber и соавт., представивших результаты самой большой серии наблюдений ($n = 82$), видимая флюоресценция наблюдалась лишь в 13 (16 %) случаях [37]. Похожие результаты продемонстрированы и в других исследованиях [38, 39]. Однако в серии наблюдений S.A. Goryunov и соавт. видимая флюоресценция наблюдалась в 52 % случаев. Такие результаты авторы связывают с более высокой дозой 5-ALA (25 мг/кг массы тела) и особенностями гистоструктуры опухолей в выборке. Исследователи предположили, что наличие видимой интраоперационной флюоресценции связано с наличием потенциальных очагов злокачественной трансформации в глиомах низкой степени злокачественности [40]. Таким образом, роль 5-ALA в оптимизации хирургического лечения глиом низкой степени злокачественности неоднозначна и требует дальнейшего анализа.

Далее нами описан алгоритм лечения пациентов детского возраста с опухолями отдельных ФЗЗ на примере 2 клинических случаев: пациента 16 лет с ганглиоглиомой речевой зоны и пациента 9 лет с ганглиоглиомой базальных отделов.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 1

Пациент, 16 лет, правша, поступил в клинику НМИЦ им. В.А. Алмазова Минздрава России с жалобами на однократный судорожный приступ с нарушением речи в постиктальном периоде, головную боль, быструю утомляемость. По результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ) выявлена кистозная опухоль задних отделов левой височной доли. По данным фМРТ в состоянии покоя, отображающей активацию лингвальной сети (рис. 1), отмечалось близкое расположение опухоли к сенсорной речевой зоне, по данным трактографии — к дугообразному пучку.

По данным нейропсихологического обследования отмечались легкая недостаточность звукового анализа и синтеза, фонематического восприятия, умеренное снижение объема оперативной слухоречевой памяти, легкие нарушения номинативной функции речи.

С пациентом и его родителями была проведена беседа о сути предстоящей операции. Акцент был сделан на том, что ребенку предстоит принимать активное участие в процессе в ходе самого ответственного этапа. В палате были смоделированы положение ребенка на операционном столе и ограниченность его визуального контакта с окружающей обстановкой. Пациент в ходе работы с нейропсихологом тщательно ознакомился с заданиями для интраоперационного тестирования. Также перед операцией пациент познакомился со всеми членами хирургической и анестезиологической бригад.

Удаление опухоли проводили с интраоперационным пробуждением. В качестве языкового задания мы использовали тест по называнию предметов и тест на заканчивание предложений [41]. В начале стимуляции использовали силу тока 1 мА, при отсутствии ошибок при выполнении языкового задания силу тока увеличивали на 1 мА. В ходе кортикальной стимуляции по Пен-

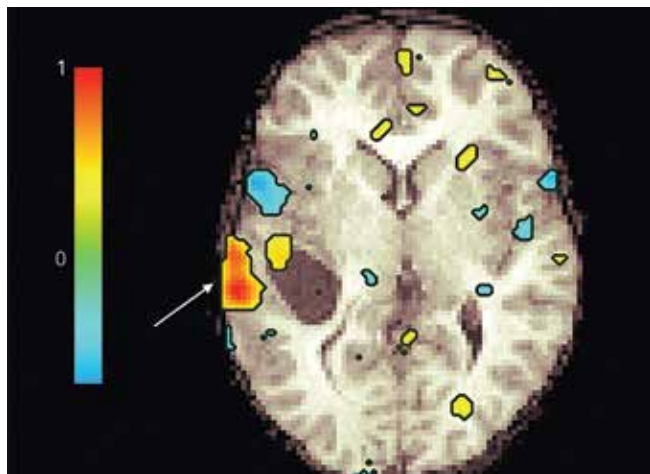


Рис. 1. Предоперационная функциональная магнитно-резонансная томография в состоянии покоя, отображающая активацию лингвальной сети, демонстрирует близость опухоли к речевой зоне (указано стрелкой)
Fig. 1. Preoperative state functional magnetic resonance imaging of the lingual network demonstrates the proximity of the tumor to the speech zone (arrow)

филду с силой тока 4 мА в точке «44» (рис. 2) отмечено невыполнение языкового задания на заканчивание предложений. Стимуляцию проводили трехкратно в момент озвучивания задания. По мере удаления опухоли проводили динамическую субкортикальную стимуляцию по Та-нигучи с частотой 300 Гц и начальной силой тока 10 мА. В непосредственной близости от дугообразного пучка — 4 мм по данным нейронавигации, что соответствовало краю резекции (рис. 3), — при силе тока в 6 мА отмечалось наличие парафазий при выполнении пациентом задания

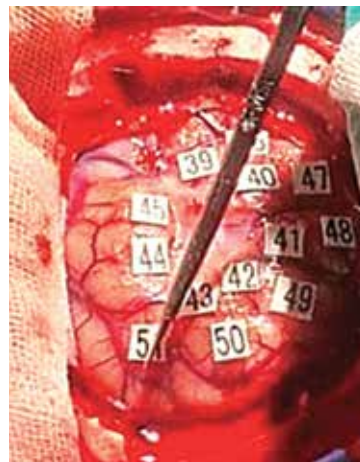


Рис. 2. Интраоперационная фотография на этапе кортикальной стимуляции. Положение речевой коры соответствует отметке «44» (наблюдалось невыполнение языкового задания). В остальных точках нарушений при выполнении языкового задания не отмечено

Fig. 2. Intraoperative photo of cortical stimulation. The position of the speech cortex corresponds to the mark “44” (there was a failure to complete the language task). At other points, there are no violations during the performance of the language task

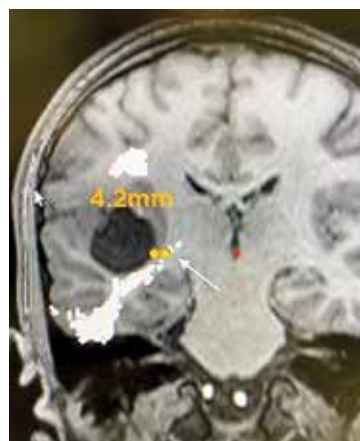


Рис. 3. На экране станции нейронавигации стрелкой указано расстояние между границей резекции и волокнами дугообразного пучка по данным навигационной станции. Отмеченная точка соответствует зоне возникновения парафазий при субкортикальной стимуляции с силой тока 6 мА

Fig. 3. On the screen of the neuronavigation station, the arrow indicates the distance between the resection border and the fibers of the arcuate fascicle according to the data of the navigation station. The marked point corresponds to the zone of occurrence of paraphasia during subcortical stimulation with a current of 6 mA

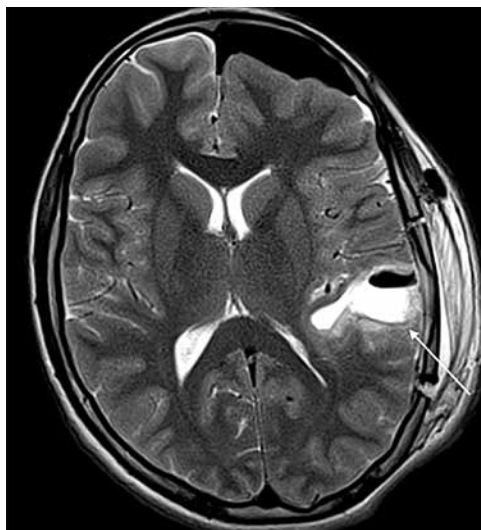


Рис. 4. Послеоперационная магнитно-резонансная томография в режиме T2 (аксиальная плоскость): в левой височной доле резекционная полость, окруженная зоной отека (указана стрелкой). Подтверждается тотальное удаление опухоли

Fig. 4. Postoperative magnetic resonance imaging T2 mode (axial plane): in the left temporal lobe there is a resection cavity surrounded by a zone of edema (indicated by an arrow). Complete resection of the tumor is confirmed

по заканчиванию предложений и называнию предметов. При использовании меньшей силы тока ошибок при выполнении языкового задания не зафиксировано.

В раннем послеоперационном периоде наблюдались элементы афферентно-моторной афазии, которые регрессировали на 4-е сутки. Данные контрольной МРТ с контрастным усилением подтверждают тотальное удаление опухоли (рис. 4). По результатам гистологического исследования — ганглиоглиома, grade 1.

По данным МРТ головного мозга с контрастным усилением спустя 6 мес после операции признаков опухолевой ткани не обнаружено. При осмотрах невролога, нейропсихолога отклонений не выявлено.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 2

Пациент, 9 лет, поступил в клинику с жалобами на головную боль, слабость в правой руке. При неврологическом осмотре отмечался парез дистальной мускулатуры правой руки до 4 баллов. По данным МРТ: опухоль базальных отделов левого полушария. По данным магнитно-резонансной трактографии опухоль прилежит к левому кортикоспинальному тракту (рис. 5).

Контроль достаточности размеров и места краниотомии проводили с использованием станции нейронавигации, интегрированной с микроскопом (рис. 6, 7).

В ходе удаления опухоли с применением динамической стимуляции по Танигучи с силой тока 8 мА идентифицирован левый кортикоспинальный тракт. По мере удаления опухоли и приближения к двигательным волокнам ответ был получен при стимуляции с силой тока 3 мА, что соответствовало расстоянию 4 мм по данным нейронавигации (рис. 8). Отдельные участки опухоли

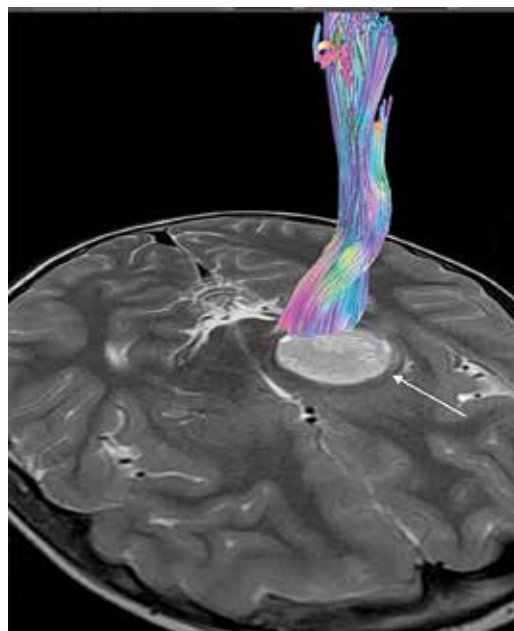


Рис. 5. Предоперационная магнитно-резонансная томография в режиме T2 (аксиальный срез): опухоль базальных ядер (задняя ножка внутренней капсулы, бледный шар), таламуса левого полушария и латеральных отделов левой ножки мозга (указана стрелкой) прилежит к левому кортикоспинальному тракту

Fig. 5. Preoperative magnetic resonance imaging in T2 mode (axial section): tumor of the basal ganglia (posterior leg of the internal capsule, globus pallidus), thalamus of the left hemisphere and lateral parts of the left brain stem (indicated by an arrow) is adjacent to the left corticospinal tract

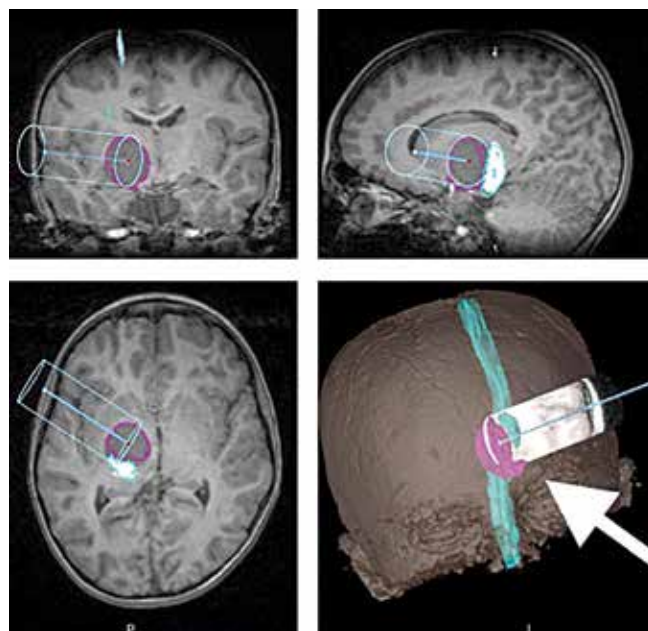


Рис. 6. На экране станции нейронавигации отражен этап планирования доступа (показан стрелкой) с учетом расположения опухоли (отмечена малиновым контуром) и левого кортикоспинального тракта (бирюзовый контур)

Fig. 6. The screen of the neuronavigation station reflects the stage of access planning (shown by an arrow), taking into account the location of the tumor (marked with a crimson outline) and the left corticospinal tract (turquoise outline)

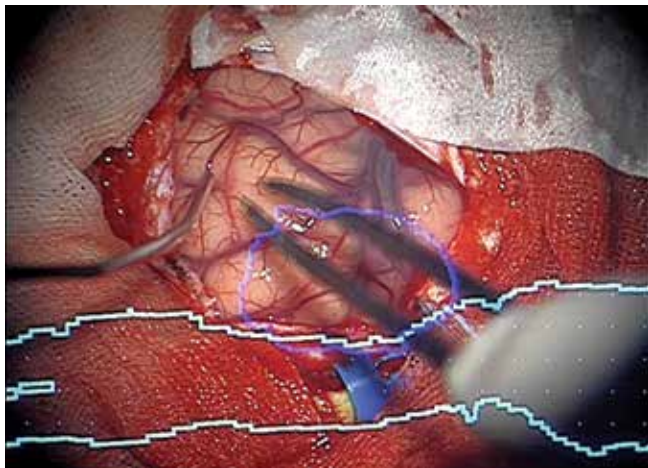


Рис. 7. В окулярах микроскопа (во время операции) малиновым контуром отмечена граница проекции опухоли на кору, бирюзовым — проекция левого кортикоспинального тракта

Fig. 7. In the microscope (during the operation), the border of the tumor projection onto the cortex is marked with a crimson outline, the projection of the left corticospinal tract is marked with turquoise

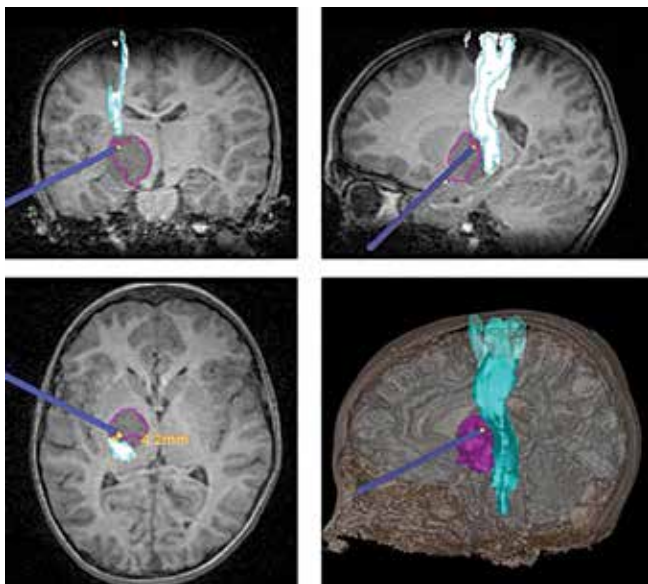


Рис. 8. После идентификации левого кортикоспинального тракта в ходе динамической монополярной стимуляции (3 мА) при помощи пюинтера станции нейронавигации определено расстояние от края резекции до кортикоспинального тракта — 4,2 мм

Fig. 8. After identification of the left corticospinal tract during dynamic monopolar stimulation (3 mA), using the pointer of the neuronavigation station, the distance from the resection edge to the corticospinal tract was determined to 4.2 mm

продемонстрировали видимое флуоресцентное свечение, индуцированное 5-ALA (рис. 9). После визуального тотального удаления опухоли регистрация вызванных моторных ответов отмечалась при силе тока 3 мА.

По результатам гистологического исследования — пилоцитарная астроцитома, grade 1.

Послеоперационная МРТ в режиме T2 и магнитно-резонансная трактография (рис. 10) подтверждают

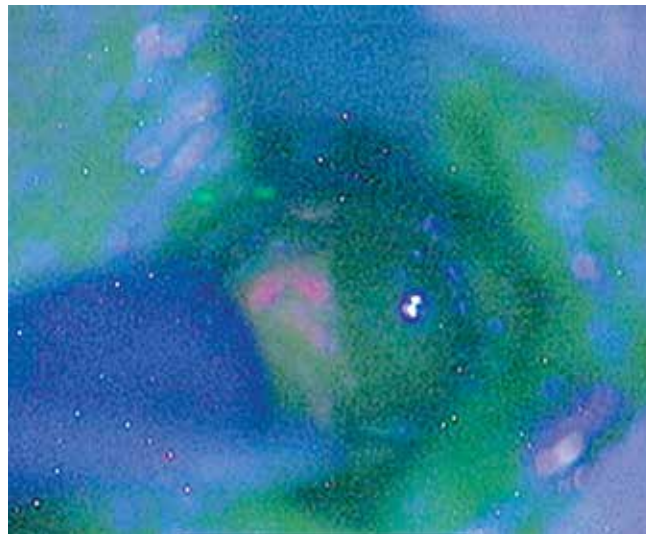


Рис. 9. Интраоперационная фотография. Флуоресцентное свечение отдельных участков опухоли, индуцированное 5-ALA

Fig. 9. Intraoperative photo. Fluorescent glow of individual tumor areas induced by 5-ALA

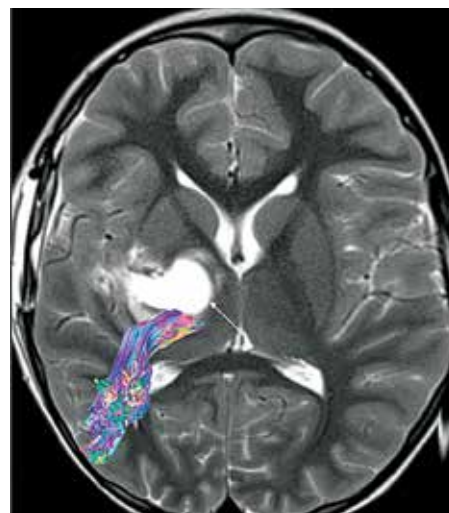


Рис. 10. Послеоперационная магнитно-резонансная томография в режиме T2 (аксиальная плоскость): визуализируется резекционная полость размерами 45 × 20 × 23, окруженная зоной отека (указана стрелкой)

Fig. 10. Postoperative magnetic resonance imaging in T2 mode (axial plane) shows a resection cavity 45 × 20 × 23 in size, surrounded by a zone of edema (indicated by an arrow)

тотальное удаление опухоли с сохранением левого кортикоспинального тракта.

В раннем послеоперационном периоде наблюдались нарастание пареза дистальной мускулатуры правой руки до 2 баллов, парез в проксимальной мускулатуре — до 3 баллов. Выраженной динамики, несмотря на проводимую терапию, в раннем послеоперационном периоде не отмечалось. Однако после реабилитационного лечения появилась положительная динамика в виде частичного регресса пареза дистальной мускулатуры правой руки до 3 баллов, пареза в проксимальной мускулатуре — до 4 баллов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Один из главных аспектов успешного применения КС у детей — тщательная психологическая подготовка пациента и его окружения (родителей) с целью формирования положительного отношения к предстоящей процедуре, что было продемонстрировано нами в клиническом наблюдении 1. Особое внимание следует уделять моделированию условий операционной, что поможет преодолеть страх перед замкнутым пространством и крепкой фиксацией головы. Такая тщательная подготовка позволяет сделать технологию КС безопасной и у детей более младшего возраста [16].

В ходе кортикальной стимуляции в клиническом наблюдении 1 мы успешно использовали силу тока 4 мА, что совпадает с данными больших серий наблюдений.

В клиническом наблюдении 2 в ходе субкортикальной стимуляции удалось достичь тотального удаления опухоли при получении моторных ответов при силе тока 3 мА. Однако это привело к развитию неврологического дефицита (хотя и частично регрессировавшего на фоне реабилитации), что может быть косвенным подтверждением мнения о небезопасности резекции при получении моторных ответов при силе тока 1–2 мА [19, 20].

Результаты совместного использования данных нейронавигации и трактографии, продемонстрированного нами в клиническом наблюдении 1, сравнивали с данными субкортикальной стимуляции. В нашем опыте данные о расстоянии до дугообразного пучка отличались на 1 мм. Такая точность нейронавигации и трактографии значительно отличается от средней разницы при применении данных методов в крупных

сериях наблюдений [26, 27]. Тем не менее совместное использование данных трактографии и нейронавигации может быть полезно при отсутствии субкортикальной стимуляции.

В нашем опыте применение фМРТ в состоянии покоя позволило локализовать зону сенситивной речи на этапе предоперационного планирования, что было подтверждено при кортикальной стимуляции.

Применение метаболической навигации с использованием 5-ALA в клиническом наблюдении 2 не оказало влияния на объем резекции. Отдельные участки опухоли, отмеченные таким образом, были идентифицированы и при микроскопии в привычном световом спектре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка распространенности опухолей ФЗЗ в детской популяции в настоящее время достаточно проблематична. Тем не менее актуальность проблемы не вызывает сомнений, так же как и высокая сложность задачи, с которой сталкивается хирург в каждом отдельном случае, учитывая отсутствие в литературе единого алгоритма в отношении лечения опухолей ФЗЗ.

Наш собственный опыт и данные литературы позволяют сделать вывод, что успешное лечение опухолей ФЗЗ требует изменения привычной парадигмы нейроонкологии. Так, исключительно визуальная интраоперационная оценка хирургической интервенции должна дополняться пред- и интраоперационной оценкой, основанной на результатах применения описанных методов, что позволит добиться оптимального баланса между онкологической пользой и функциональным исходом.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Hervey-Jumper S.L., Berger M.S. Introduction: surgical management of eloquent area tumors. *Neurosurgery* 2020;87(6):1076–7. DOI: 10.1093/neuros/nyaa358
2. Bandopadhyay P., Bergthold G., London W.B. et al. Long-term outcome of 4,040 children diagnosed with pediatric low-grade gliomas: an analysis of the Surveillance Epidemiology and End Results (SEER) database. *Pediatr Blood Cancer* 2014;61(7):1173–9. DOI: 10.1002/pbc.24958
3. Diwanji T.P., Engelman A., Snider J.W., Mohindra P. Epidemiology, diagnosis, and optimal management of glioma in adolescents and young adults. *Adolesc Health Med Ther* 2017;8:99–113. DOI: 10.2147/AHMT.S53391
4. Van den Bent M.J., Snijders T.J., Bromberg J.E. Current treatment of low grade gliomas. *Memo* 2012;5(3):223–7. DOI: 10.1007/s12254-012-0014-3
5. Delion M., Terminassian A., Lehouste T. et al. Specificities of awake craniotomy and brain mapping in children for resection of supratentorial tumors in the language area. *World Neurosurg* 2015;84(6):1645–52. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.06.073
6. Balogun J.A., Khan O.H., Taylor M. et al. Pediatric awake craniotomy and intra-operative stimulation mapping. *J Clin Neurosci* 2014;21(11):1891–4. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.07.013
7. Кумирова Э.В. Новые подходы в диагностике опухолей центральной нервной системы у детей. *Российский журнал детской онкологии и гематологии* 2017;4:37–45. DOI: 10.17650/2311-1267-2017-4-1-37-45
8. Kumirowa E.V. New approaches in the diagnosis of tumors of the central nervous system in children. *Rossiiskij zhurnal detskoi onkologii i gematologii = Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology* 2017;4:37–45. (In Russ.). DOI: 10.17650/2311-1267-2017-4-1-37-45
9. Blonas A., Giakoumettis D., Klonou A. et al. Paediatric gliomas: diagnosis, molecular biology and management. *Ann Transl Med* 2018;6(12):251. DOI: 10.21037/atm.2018.05.11
10. Aghi M.K., Nahed B.V., Sloan A.E. et al. The role of surgery in the management of patients with diffuse low grade glioma: a systematic review and evidence-based clinical practice guideline. *J Neurooncol* 2015;125(3):503–30. DOI: 10.1007/s11060-015-1867-1
11. De Benedictis A., Moritz-Gasser S., Duffau H. Awake mappin optimizes the extent of resection for low-grade gliomas

- in eloquent areas. *Neurosurgery* 2010;66(6):1074–84; discussion 1084. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369514.74284.78
11. Bello L., Gallucci M., Fava M. et al. Intraoperative subcortical language tract mapping guides surgical removal of gliomas involving speech areas. *Neurosurgery* 2007;60(1):67–80; discussion 80–2. DOI: 10.1227/01.NEU.0000249206.58601.DE
 12. De Witt Hamer P.C., Robles S.G., Zwinderman A.H. et al. Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis. *J Clin Oncol* 2012;30(20):2559–65. DOI: 10.1200/jco.2011.38.4818
 13. Brown T., Shah A.H., Bregy A. et al. Awake craniotomy for brain tumor resection: the rule rather than the exception? *J Neurosurg Anesthesiol* 2013;25(3):240–7. DOI: 10.1097/ANA.0b013e318290c2300
 14. Akay A., Rüksen M., Çetin H.Y. et al. Pediatric awake craniotomy for brain lesions. *Pediatr Neurosurg* 2016;51(2):103–8. DOI: 10.1159/000442988
 15. Ojemann S.G., Berger M.S., Lettich E., Ojemann G.A. Localization of language function in children: results of electrical stimulation mapping. *J Neurosurg* 2003;98(3):465–70. DOI: 10.3171/jns.2003.98.3.0465
 16. Riquin E., Martin P., Duverger P. et al. A case of awake craniotomy surgery in an 8-year-old girl. *Childs Nerv Syst* 2017;33(7):1039–42. DOI: 10.1007/s00381-017-3463-5
 17. Lohkamp L.N., Beuriat P.A., Desmurget M. et al. Awake brain surgery in children – a single-center experience. *Childs Nerv Syst* 2020;36(5):967–74. DOI: 10.1007/s00381-020-04522-9
 18. Roth J., Korn A., Sala F. et al. Intraoperative neurophysiology in pediatric supratentorial surgery: experience with 57 cases. *Childs Nerv Syst* 2020;36(2):315–24. DOI: 10.1007/s00381-019-04356-0
 19. Seidel K., Beck J., Stieglitz L. et al. The warning-sign hierarchy between quantitative subcortical motor mapping and continuous motor evoked potential monitoring during resection of supratentorial brain tumors. *J Neurosurg* 2013;118(2):287–96. DOI: 10.3171/2012.10.jns12895
 20. Seidel K., Schucht P., Beck J., Raabe A. Continuous dynamic mapping to identify the corticospinal tract in motor eloquent brain tumors: an update. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2020;81(2):105–10. DOI: 10.1055/s-0039-1698384
 21. Raabe A., Beck J., Schucht P., Seidel K. Continuous dynamic mapping of the corticospinal tract during surgery of motor eloquent brain tumors: evaluation of a new method. *J Neurosurg* 2014;120(5):1015–24. DOI: 10.3171/2014.1.JNS13909
 22. Keles G.E., Lundin D.A., Lamborn K.R. et al. Intraoperative subcortical stimulation mapping for hemispherical perirolandic gliomas located within or adjacent to the descending motor pathways: evaluation of morbidity and assessment of functional outcome in 294 patients. *J Neurosurg* 2004;100(3):369–75. DOI: 10.3171/jns.2004.100.3.0369
 23. Choi B.D., Mehta A.I., Batich K.A. et al. The use of motor mapping to aid resection of eloquent gliomas. *Neurosurg Clin N Am* 2012;23(2):215–25, vii. DOI: 10.1016/j.nec.2012.01.013
 24. Bello L., Gambini A., Castellano A. et al. Motor and language DTI Fiber Tracking combined with intraoperative subcortical mapping for surgical removal of gliomas. *Neuroimage* 2008;39(1):369–82. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.08.031
 25. Berman J.I., Berger M.S., Chung S.W. et al. Accuracy of diffusion tensor magnetic resonance imaging tractography assessed using intraoperative subcortical stimulation mapping and magnetic source imaging. *J Neurosurg* 2007;107(3):488–94. DOI: 10.3171/JNS-07/09/0488
 26. Kamada K., Todo T., Ota T. et al. The motor-evoked potential threshold evaluated by tractography and electrical stimulation. *J Neurosurg* 2009;111(4):785–95. DOI: 10.3171/2008.9.JNS08414
 27. Ohue S., Kohno S., Inoue A. et al. Accuracy of diffusion tensor magnetic resonance imaging-based tractography for surgery of gliomas near the pyramidal tract: a significant correlation between subcortical electrical stimulation and postoperative tractography. *Neurosurgery* 2012;70(2):283–93; discussion 294. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31823020e6
 28. Wu J.-S., Zhou L.-F., Tang W.-J. et al. Clinical evaluation and follow-up outcome of diffusion tensor imaging-based functional neuronavigation: a prospective, controlled study in patients with gliomas involving pyramidal tract. *Neurosurgery* 2007;61(5):935–48; discussion 948–9. DOI: 10.1227/01.neu.0000303189.80049.ab
 29. Romano A., D’Andrea G., Minniti G. et al. Pre-surgical planning and MR-tractography utility in brain tumour resection. *Eur Radiol* 2009;19(12):2798–808. DOI: 10.1007/s00330-009-1483-6
 30. Alexander A.L., Lee J.E., Lazar M., Field A.S. Diffusion tensor imaging of the brain. *Neurotherapeutics* 2007;4(3):316–29. DOI: 10.1016/j.nurt.2007.05.011
 31. Liang C., Li M., Gong J. et al. A new application of ultrasound-magnetic resonance multimodal fusion virtual navigation in glioma surgery. *Ann Transl Med* 2019;7(23):736. DOI: 10.21037/atm.2019.11.113
 32. Rutten G.J., Ramsey N.F. The role of functional magnetic resonance imaging in brain surgery. *Neurosurg Focus* 2010;28(2):E4. DOI: 10.3171/2009.12.FOCUS09251
 33. Lee M.H., Miller-Thomas M.M., Benzinger T.L. et al. Clinical resting-state fMRI in the preoperative setting: are we ready for prime time? *Top Magn Reson Imaging* 2016;25(1):11–8. DOI: 10.1097/RMR.0000000000000075
 34. Буккиева Т.А., Поспелова М.Л., Ефимцев А.Ю. и др. Функциональная МРТ в оценке изменений коннектома головного мозга у пациенток с постмастэктомическим синдромом. Лучевая диагностика и терапия 2021;12(4):41–9. DOI: 10.22328/2079-5343-2021-12-4-41-49
 35. Bukkieva T.A., Pospelova M.L., Efimtsev A.Yu. et al. Functional MRI in the assessment of changes in the brain connectome in patients with post-mastectomy syndrome. *Luchevaya diagnostika i terapiya = Diagnostic Radiology and Radiotherapy* 2021;12(4):41–9. (In Russ.). DOI: 10.22328/2079-5343-2021-12-4-41-49
 36. Stummer W., Molina E.S. Fluorescence imaging/agents in tumor resection. *Neurosurg Clin N* 2017;28:569–83. DOI: 10.1016/j.nec.2017.05.009
 37. McGirt M.J., Chaichana K.L., Attenello F.J. et al. Extend of surgical resection is independently associated with survival in patients with hemispheric infiltrating low-grade gliomas. *Neurosurgery* 2008;63(4):700–8. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325729.41085.73
 38. Jaber M., Wolfer J., Ewelt C. et al. The value of 5-aminolevulinic acid in low-grade gliomas and high-grade gliomas lacking glioblastoma imaging features: an analysis based on fluorescence, magnetic resonance imaging, 18F-fluoroethyl tyrosine positron emission tomography, and tumor molecular factor. *Neurosurgery* 2016;78(3):401–11; discussion 411. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001020
 39. Widhalm G., Wolfsberger S., Minchev G. et al. 5-Aminolevulinic acid is a promising marker for detection of anaplastic foci in diffusely infiltrating gliomas with nonsignificant contrast enhancement. *Cancer* 2010;116(6):1545–52. DOI: 10.1002/cncr.24903
 40. Ewelt C., Floeth F.W., Felsberg J. et al. Finding the anaplastic focus in diffuse gliomas: the value of Gd-DTPA enhanced MRI, FET-PET, and intraoperative, ALA-derived tissue fluorescence. *Clin Neurol Neurosurg* 2011;113(7):541–7. DOI: 10.1016/j.clineuro.2011.03.008
 41. Goryaynov S.A., Widhalm G., Goldberg M.F. et al. The role of 5-ALA in low-grade gliomas and the influence of antiepileptic drugs on intraoperative fluorescence. *Front Oncol* 2019;9:423. DOI: 10.3389/fonc.2019.00423
 42. Dragoy O., Chrabaszcz A., Tolkacheva V., Buklina S. Russian intraoperative naming test: a standardized tool to map noun and verb production during awake neurosurgeries. *The Russian Journal of Cognitive Science* 2016;3(4):4–25. DOI: 10.47010/16.4.1

Вклад авторов

Д.В. Низолин: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи;
А.В. Ким, К.А. Самочерных: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование текста статьи;
Ю.А. Зуева, О.О. Шмелева: сбор и интерпретация данных;
Н.Е. Маслов, А.Ю. Ефимцев, Э.Т. Назаралиева: сбор и интерпретация данных, написание текста статьи.

Authors' contributions

D.V. Nizolin: development of the concept and design of the study, data collection and interpretation, writing and editing of the article;
A.V. Kim, K.A. Samochernykh: development of the concept and design of the study, editing of the article;
Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva: data collection and interpretation;
N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva: data collection and interpretation, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

Д.В. Низолин / D.V. Nizolin: <https://orcid.org/0000-0001-8719-0342>
А.В. Ким / A.V. Kim: <https://orcid.org/0000-0002-6219-7270>
К.А. Самочерных / K.A. Samochernykh: <https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена в рамках реализации государственного задания № 121031100289-2 «Разработка новых технологий нейрореабилитации пациентов после хирургического лечения опухолей центральной нервной системы».

Funding. The work was carried out within the framework of the implementation of the state task No. 121031100289-2 "Development of new technologies for neurorehabilitation of patients after surgical treatment of tumors of the central nervous system".

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Родители пациентов подписали информированное согласие на публикацию их данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The parents of the patients signed an informed consent to publication of their data.

ПЕРВИЧНЫЙ АБСЦЕСС ТУРЕЦКОГО СЕДЛА ОДОНТОГЕННОЙ ПРИРОДЫ (НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ)

О.Ю. Богданова^{1,2}, А.Ю. Григорьев^{1,3}, В.Г. Пильников³, Э.А. Меликов³

¹ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

²ФГБНУ «Научный центр неврологии»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80;

³ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; Россия, 127006 Москва, ул. Долгоруковская, 4

Контакты: Олеся Юрьевна Богданова Ansher-iork1@yandex.ru

Абсцесс турецкого седла – крайне редкая патология хиазмально-селлярной области, зачастую клинически и рентгенологически имитирующая ряд других образований этой области, что затрудняет диагностику.

Мы представляем клинический случай пациентки 42 лет с первичным абсцессом турецкого седла, который изначально был расценен как аденома гипофиза. Пациентка прооперирована с использованием эндоскопического трансназального доступа с хорошим послеоперационным исходом. При дополнительном обследовании после операции был выявлен возможный источник гематогенного распространения инфекционного процесса в полость турецкого седла – перикоронит зуба 4.8. В статье также представлен обзор публикаций по данной проблеме.

Ключевые слова: абсцесс, хиазмально-селлярная область, магнитно-резонансная томография, трансназальное эндоскопическое удаление, перикоронит

Для цитирования: Богданова О.Ю., Григорьев А.Ю., Пильников В.Г., Меликов Э.А. Первичный абсцесс турецкого седла одонтогенной природы (наблюдение из практики). Нейрохирургия 2024;26(2):70–5.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-70-75>

Primary abscess of the sella turcica of odontogenic nature (observation from practice)

O. Yu. Bogdanova^{1,2}, A. Yu. Grigoriev^{1,3}, V.G. Pilnikov³, E.A. Melikov³

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

²Research Center of Neurology; 80 Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;

³Russian University of Medicine, Ministry of Health of Russia; 4 Dolgorukovskaya St., Moscow 127006, Russia

Contacts: Olesya Yuryevna Bogdanova Ansher-iork1@yandex.ru

Abscess of the sella turcica is an extremely rare disease of the chiasm and sellar region which often clinically and radiologically imitates other lesions in this area complicating the diagnosis.

The article presents a clinical case of a 42-year-old female patient with primary abscess of the sella turcica which at first was considered to be pituitary adenoma. The patient underwent surgery through endoscopic transnasal access with good postoperative outcome. Additional postoperative examination revealed a possible source of hematogenic advancement of infectious process into the sella turcica cavity – pericoronitis of tooth 4.8. The article also presents review of publications on the topic.

Keywords: abscess, chiasmal-sellar region, magnetic resonance imaging, transnasal endoscopic excision, pericoronitis

For citation: Bogdanova O.Yu., Grigoriev A.Yu., Pilnikov V.G., Melikov E.A. Primary abscess of the sella turcica of odontogenic nature (observation from practice). Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2024;26(2):70–5. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-70-75>

ВВЕДЕНИЕ

Абсцесс турецкого седла (АТС) — крайне редкое заболевание хиазмально-селлярной области (ХСО). Чаще всего АТС описывается и рассматривается как осложнение эндоскопического трансназального удаления аденомы гипофиза. Частота подобных осложнений, по различным данным, составляет не более 1 % [1–5]. В литературе в основном представлены описания единичных клинических случаев или небольших серий наблюдений развития АТС после трансназального удаления аденомы гипофиза. Публикаций подобного рода немного, и в основном данная проблема более широко освещена у зарубежных авторов. Первичные АТС встречаются еще реже.

В статье представлено редкое клиническое наблюдение первичного АТС у пациентки 42 лет, более вероятно одонтогенной природы.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациентка В., 42 лет, поступила в университетскую клинику МГМСУ им. А.И. Евдокимова. Из анамнеза: в течение последнего времени пациентку начали беспокоить головные боли, снижение остроты зрения. Проведенная по рекомендации невролога магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга с контрастным усилением выявила объемное образование ХСО с эндосупраинфраселлярным ростом. По результатам исследования гормонального профиля показатели гормонов гипофиза и органов-мишеней в пределах нормы: тиреотропный гормон — 1,73 мМЕ/л, тироксин свободный (Т4) — 15,2 пмоль/л, адренкортикотропный гормон — 6,6 пмоль/л, пролактин — 695 мМЕ/л, соматотропный гормон — 0,1 нг/мл, фолликулостимулирующий гормон — 1,64 МЕ/л, лютеинизирующий гормон — 0,37 МЕ/л.

На момент поступления в стационар головная боль носила постоянный, распирающий характер, плохо поддавалась купированию ненаркотическими анальгетическими препаратами. Объективно: состояние пациентки удовлетворительное, общесоматический статус — без патологии. Оценка неврологического статуса: сознание ясное, признаков поражения черепно-мозговых нервов нет, менингеальные знаки отрицательные, двигательных и чувствительных расстройств нет. В лабораторных показателях отклонений от нормальных значений не выявлено.

В предоперационном периоде пациентка осмотрена офтальмологом и оториноларингологом.

По результатам осмотра офтальмологом: Vis OD sph — 3 дптр = 1,0, OS sph — 3 дптр = 1,0; периферические поля зрения OU — без грубой патологии; движения глазных яблок в полном объеме, зрачки средней ширины, OD = OS, корнеальные рефлексы сохранены. Осмотр глазного дна: OU — диски зрительных нервов бледно-розовые, границы четкие, макулярная область — без видимой патологии, артерии немного сужены, вены нормального калибра.

Осмотр оториноларингологом с эндоскопией полости носа (эндоскопы 0 и 30°): слизистая оболочка полости носа с 2 сторон розовая, влажная; перегородка носа по средней линии; в среднем, общем носовых ходах — без патологического отделяемого, нижние носовые раковины не увеличены; свод носоглотки свободен, носоглоточные устья слуховых труб без отделяемого. При фарингоскопии: небные миндалины за дужками, отделяемого в лакунах нет, налетов нет; задняя стенка глотки без патологического отделяемого, без воспалительных изменений.

При МРТ головного мозга (рис. 1) визуализировано объемное образование ХСО с преимущественно супра- и инфраселлярным ростом. В T1-режиме образование

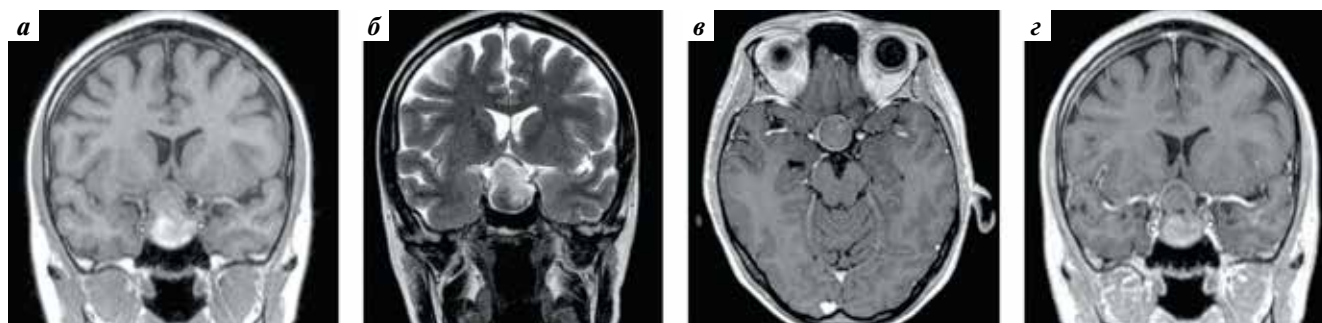


Рис. 1. Магнитно-резонансная томография головного мозга пациентки с контрастным усилением: а — T1-режим, фронтальная проекция: объемное образование с супраселлярным компонентом, непосредственно прилежащее к хиазме зрительных нервов, неоднородное по структуре, с гиперинтенсивным сигналом в инфраселлярной части; б — T2-режим, фронтальная проекция: эндосупраинфраселлярная часть опухоли, преимущественно с гиперинтенсивным сигналом; в — с контрастным усилением, аксиальная проекция: супраселлярная часть опухоли, отмечается интенсивное накопление контрастного препарата по периферии опухоли; г — с контрастным усилением, фронтальная проекция: эндосупраинфраселлярная часть опухоли, неоднородная по структуре, интенсивно накапливающая контрастный препарат по периферии опухоли с тесным прилеганием к хиазме зрительных нервов

Fig. 1. Brain magnetic resonance imaging with contrast enhancement: а — T1 mode, frontal projection: a mass lesion with a suprasellar component, directly adjacent to the chiasm of the optic nerves, heterogeneous in structure, with a hyperintensive signal in the infraseal part; б — T2 mode, frontal projection: endo-supra-infraseal part of the tumor, mainly with a hyperintensive signal; в — with contrast enhancement, axial projection: suprasellar part of the tumor, there is an intensive accumulation of contrast agent on the periphery of the tumor; г — with contrast enhancement, frontal projection: endo-supra-infraseal part of the tumor, heterogeneous in structure, intensively accumulating contrast agent along the periphery of the tumor with close adherence to the chiasm of the optic nerves

имеет неоднородный характер с гипоинтенсивным сигналом в супраселлярной части и гиперинтенсивным — в инфраселлярной части. Отмечается тесное прилегание супраселлярной части к зрительным нервам и хиазме. В T2-режиме образование также имеет несколько неоднородный характер с преимущественно гиперинтенсивным сигналом. Такая неоднородная структура была расценена нами как кровоизлияние в строуму опухоли. При контрастном усилении наблюдалось интенсивное накопление контрастного препарата по периферии опухоли.

Пациентке выполнено плановое оперативное вмешательство с использованием эндоскопического трансназального трансфеноидального доступа. В ходе операции применяли угловую оптику 30°. Выполнен односторонний доступ к передней стенке клиновидной пазухи с частичной резекцией задних отделов костной части перегородки носа. Проведена широкая передняя сфеномотомия с удалением слизистой оболочки клиновидной пазухи. Клиновидная пазуха селлярного типа; при визуализации ориентиров задней стенки клиновидной пазухи: карман ската умеренно выражен, сохранены все костные ориентиры основных анатомических структур (кавернозного отдела внутренних сонных артерий, зрительных нервов, оптико-каротидные карманы). Турецкое седло резко расширено; с помощью костных кусачек выполнена трепанация его передней стенки. Сразу после удаления костных структур отмечено поступление большого количества гнойного отделяемого, при этом твердая мозговая оболочка фактически отсутствовала. Содержимое турецкого седла взято на бактериологический посев; с помощью угловых аспираторов гнойное содержимое

удалено. После его удаления визуализированы интактные медиальные стенки обеих кавернозных синусов, отмечено провисание диафрагмы турецкого седла, которая активно пульсировала. При проведении пробы с повышением внутричерепного давления просачивания ликвора через диафрагму турецкого седла не отмечено. Полости турецкого седла и клиновидной пазухи обильно промыты раствором хлоргексидина. Ввиду выявления воспалительного процесса в полости турецкого седла, целостности его диафрагмы и отсутствия видимой ликвореи гемостатические средства и другие материалы не использовали. Вход в полость клиновидной пазухи закрыт средней носовой раковиной. Основные этапы оперативного вмешательства представлены на рис. 2.

С учетом выявленных интраоперационных особенностей и диагностированием первичного АТС был дополнительно проведен поиск возможного очага инфекции, который мог обусловить развитие данной клинической ситуации. Пациентка осмотрена терапевтом и стоматологом; выполнена компьютерная томография околоносовых пазух с захватом зубочелюстной системы.

При осмотре полости рта: слизистая оболочка бледно-розового цвета, умеренно увлажнена, визуализированы пломбы на ряде жевательных зубов. В ретромолярной области справа визуализирован бугор ретеннированного зуба 4.8, отмечен участок гиперемии с признаками локальной отечности, выявлен нарост слизистой в виде «капюшона» сверху бугра зуба 4.8 со скудным гнойным отделяемым из-под него — характерный признак перикоронита.

При анализе данных компьютерной томографии (рис. 3) признаков воспалительных изменений в околоносовых



Рис. 2. Основные этапы оперативного вмешательства (интраоперационные фотографии, вид через эндоскоп 30°): а — передняя стенка клиновидной пазухи удалена, визуализирована полость клиновидной пазухи, после частичной трепанации передней стенки турецкого седла отмечены отсутствие твердой мозговой оболочки и поступление обильного количества гнойного содержимого; б — полностью трепанирована передняя стенка турецкого седла, вся полость турецкого седла заполнена гнойным содержимым, жидким по структуре, которое удалено с помощью вакуумного аспиратора; в — полость турецкого седла: содержимое полностью удалено, отмечены провисание и активная пульсация диафрагмы турецкого седла

Fig. 2. The main stages of operation (intraoperative photographs, view through the endoscope 30°: а — the anterior wall of the sphenoid sinus was removed, the cavity of the sphenoid sinus was visualized, after partial trepanation of the anterior wall of the sella turcica, the absence of dura mater and the receipt of copious amounts of purulent contents were noted; б — the front wall of the sella turcica is completely trepanned, the entire cavity of the sella turcica is filled with purulent liquid contents in structure, which is well removed using a vacuum aspirator; в — the cavity of the sella turcica: the contents are completely removed, sagging and active pulsation of the diaphragm of the sella turcica are noted

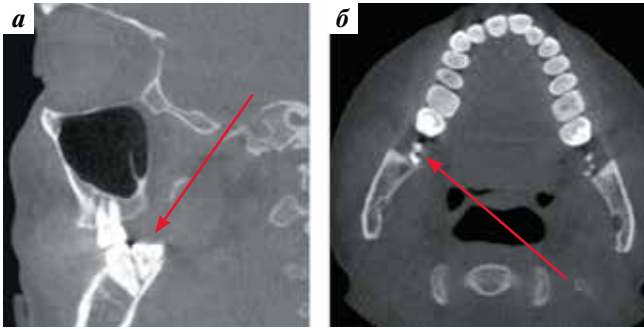


Рис. 3. Компьютерные томограммы околоносовых пазух и зубочелюстной системы: а — сагиттальная проекция: перикоронит зуба 4.8 (скопление гноя над зубом указано стрелкой); б — аксиальная проекция: зуб 4.8 с признаками воспалительных изменений (указано стрелкой)

Fig. 3. Computed tomography of the paranasal sinuses and the maxillofacial region: а — sagittal projection: pericoronitis of the tooth 4.8 (accumulation of pus above the tooth is indicated by an arrow); б — axial projection: tooth 4.8 with signs of inflammatory changes (indicated by an arrow)

пазухах не выявлено, однако обнаружен костный «карман» в проекции ретенированного зуба 4.8 со слабовыраженным свищевым ходом. Перикоронит в области зуба 4.8 мог предположительно стать источником гематогенного распространения инфекции в полость турецкого седла.

В качестве 2-го этапа лечения пациентке выполнено удаление зуба 4.8. под местной анестезией.

В целях послеоперационного контроля зоны операции на 2-е сутки после вмешательства выполнена МРТ головного мозга (рис. 4), по результатам которой полость турецкого седла без патологического содержимого, заполнена воздухом, полость клиновидной пазухи также воздушна, без содержимого; по остальным структурам — без особенностей.

Пациентка выписана из стационара на 5-е сутки после операции в удовлетворительном состоянии с регрессом головной боли. Результат бактериологического посева: *Staphylococcus aureus* — 10^6 КОЕ/г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Первое сообщение о случае АТС опубликовал М. Simmonds в 1914 г. [6]. На протяжении следующего столетия было опубликовано всего 121 наблюдение АТС [1].

В большинстве зарубежных работ описаны случаи вторичных АТС. Как правило, это серии клинических наблюдений с сообщением о гнойно-воспалительных осложнениях после трансназального эндоскопического удаления аденом гипофиза, краниофарингиом и кист кармана Ратке [2]. Так, G.E. Vates и соавт. приводят данные о 24 случаях возникновения АТС в группе >3500 пациентов, оперированных по поводу аденомы гипофиза [1]. В работе К.С. Jain и соавт. у 6 пациентов из 1000 возникло осложнение в виде АТС после трансназального вмешательства по поводу опухолей ХСО [2]. Р. Dutta и соавт. в серии 1060 трансназальных операций



Рис. 4. Послеоперационная магнитно-резонансная томография головного мозга (сагиттальная (а) и фронтальная (б) проекции). Данных, указывающих на остаточный гнойно-воспалительный процесс в области турецкого седла и хиазмально-селлярной области, нет. Полости клиновидной пазухи и турецкого седла воздушны

Fig. 4. Postoperative brain magnetic resonance imaging (sagittal (a) and frontal (b) projections). There is no data for the residual purulent-inflammatory process in the area of the sella turcica, chiasmatic-cellar region. The cavities of the sphenoid sinus and the sella turcica are airy

по поводу аденомы гипофиза выявили 6 случаев гнойно-воспалительных осложнений в ХСО подобного характера [3].

Случаев первичных АТС за последние 5 лет в литературе описано 25. Первичный АТС формируется в нормальной ткани гипофиза либо в результате гематогенного распространения инфекции, либо в результате прямого ее проникновения из клиновидной пазухи, ликворного пространства или кавернозного синуса на фоне его тромбоза. Среди описанных в литературе случаев первичных абсцессов один развился после родов на фоне гранулематоза Вегенера, 3 — на фоне консервативного лечения пролактином, 1 — после удаления зубов, в ряде случаев абсцессы возникли на фоне хронического длительно текущего воспалительного процесса в клиновидной пазухе. При этом у части пациентов не было выявлено никаких источников инфекции и каких-либо факторов риска [7].

Диагностика первичных АТС может быть затруднена, поскольку зачастую клинически и рентгенологически они имитируют любые другие образования ХСО, в том числе аденомы гипофиза, кисты кармана Ратке, краниофарингиомы и др. При этом в клинической картине и при лабораторных исследованиях менингизм, лейкоцитоз и другие признаки системной воспалительной реакции встречаются не более чем в 30 % случаев. Течение зрительных нарушений, характер головной боли и гипопитуитарных нарушений не отличаются от таковых при аденоме гипофиза [1, 8].

Впервые МРТ-картина АТС была описана М. Diskov и соавт. [9]. При МРТ головного мозга в T2-режиме образование имеет гиперинтенсивный сигнал, что указывает на присутствие жидкостного компонента в стромах образования, однако это наблюдается и при аденомах гипофиза с некрозами и перенесенным кровоизлиянием в стромах опухоли, при кистозных формах аденом, в случае кист кармана Ратке и т.д.

В T1-режиме АТС имеет гипо- или изоинтенсивный сигнал с внутренней гетерогенностью, а на постконтрастных сериях имеется гиперинтенсивный ободок по периферии образования [1, 4, 8, 10]. У нашей пациентки при МРТ головного мозга были обнаружены изменения, аналогичные описанным в литературе.

Трансназальное эндоскопическое удаление является операцией выбора при АТС — как первичных, так и послеоперационных. При этом должна быть выполнена максимально широкая трепанация передней стенки клиновидной пазухи и турецкого седла для достижения адекватного оттока и аэрации полости абсцесса. Иссечение капсулы АТС — манипуляция опасная в связи с возможным повреждением диафрагмы турецкого седла, возникновением ликвореи и менингита в послеоперационном периоде. Ряд авторов сообщают о выполнении коагуляции капсулы абсцесса [1, 8, 11]. Транскраниальный доступ сопряжен с высоким риском интракраниальной диссеминации процесса.

Более чем в половине случаев АТС посев оказывается стерильным, и антибактериальная терапия в послеоперационном периоде назначается эмпирически, при этом препаратами выбора чаще всего являются цефалоспорины 3-го поколения. В тех случаях, когда есть рост микрофлоры, наиболее часто высеваются *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Neisseria* spp., *Escherichia coli*, *Corynebacterium* spp. и *Difteroids* [7, 11, 12].

Прогноз у пациентов с АТС, по данным литературы, благоприятный. Зрительные нарушения регрессируют на 3–5-е сутки после операции.

У нашей пациентки осложнений после удаления АТС не было. Катамнез составил 3 мес. Однако ряд авторов описывают возникновение гормональных нарушений — несахарного диабета, гипокортицизма, нарушение менструального цикла, которые требуют назначения заместительной гормональной терапии [1, 8, 13]. Данные осложнения чаще всего имеют транзиторный характер, но могут быть и постоянными с необходимостью пожизненной гормональной терапии. В литературе также сообщается об 1 летальном исходе у пациента с АТС [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Абсцесс турецкого седла является серьезной жизнеугрожающей ситуацией с высоким риском развития интракраниальных гнойно-воспалительных осложнений. Первичный АТС — крайне редкая патология, имитирующая ряд других заболеваний ХСО. Дифференциальная диагностика при этом крайне сложна, несмотря на использование современного комплекса лабораторно-инструментальных методов исследования. Ранняя диагностика и трансназальное удаление абсцесса — залог успешного лечения и хороших исходов у таких пациентов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Vates G.E., Berger M.S., Wilson C.B. Diagnosis and management of pituitary abscess: a review of twenty-four cases. *J Neurosurg* 2001;95(2):233–41. DOI: 10.3171/jns.2001.95.2.0233
2. Jain K.C., Varma A., Mahapatra A.K. Pituitary abscess: a series of six cases. *Br J Neurosurg* 1997;11(2):139–43. DOI: 10.1080/02688699746492
3. Dutta P., Bhansali A., Singh P. et al. Pituitary abscess: report of four cases and review of literature. *Pituitary* 2006;9(3):267–73. DOI: 10.1007/s11102-006-8327-z
4. Wu Z., Qiu Y., Lin H., Wang S. Abnormal magnetic resonance imaging of the sellar region and its surroundings in patients with pituitary abscess. *J Integr Neurosci* 2021;20(2):431–7. DOI: 10.31083/j.jin2002045
5. Kotani H., Abiru H., Miyao M. et al. Pituitary abscess presenting a very rapid progression. *Am J Forensic Med Pathol* 2012;33(3):280–3. DOI: 10.1097/PAF.0b013e3182557dcf
6. Simmonds M. Zur Pathologie der Ag hypophysis (In German). *Verh Dtsch Pathol* 1914;17:208–12.
7. Dalan R., Leow M.K. Pituitary abscess: our experience with a case and a review of the literature. *Pituitary* 2008;11(3):299–306. DOI: 10.1007/s11102-007-0057-3
8. Годков И.М., Григорьев А.Ю., Богданова О.Ю. и др. Абсцесс турецкого седла у больной после трансназального эндоскопического удаления аденомы гипофиза. *Нейрохирургия* 2016;(1):47–51.
9. Godkov I.M., Grigoriev A.Yu., Bogdanova O.Yu. et al. Abscess of sella turcica at female patient after transnasal endoscopic removal of pituitary adenoma. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2016;(1):47–51. (In Russ.).
10. Dickob M., Scharphuis T., Distelmaier P., Hoffman G. [Diagnosis of hypophyseal abscess using MRI and high resolution CT (In German)]. *Neurochirurgia (Stuttg)* 1989;32(6):184–6. DOI: 10.1055/s-2008-1054034
11. Sabbah P., Bonardel G., Herve R. et al. CT and MRI findings in primitive pituitary abscess: a case report and review of literature. *J Neuroradiol* 1999;26(3):196–9.
12. Wang L., Yao Y., Feng F. et al. Pituitary abscess following transsphenoidal surgery: the experience of 12 cases from a single institution. *Clin Neurol Neurosurg* 2014;124:66–71. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.06.028
13. Bangera S., Singh R.K., Al Asousi A.A. et al. Primary pituitary abscess with coexisting pyogenic meningitis: an unexpected diagnosis. *Am J Med Sci* 2013;345(1):75–7. DOI: 10.1097/MAJ.0b013e318265a10c
14. Hanel R.A., Koerbel A., Prevedello D.M. et al. Primary pituitary abscess: case report. *Arq Neuropsiquiatr* 2002;60(3-B):861–5. DOI: 10.1590/s0004-282x2002000500033

Вклад авторов

О.Ю. Богданова: участие в проведении хирургической операции, наблюдение за пациенткой, сбор и обработка материала, написание и редактирование текста статьи;

А.Ю. Григорьев: участие в проведении хирургической операции, редактирование текста статьи, научное руководство;

В.Г. Пильников, Э.А. Меликов: участие в проведении хирургической операции, сбор и обработка материала, написание части статьи.

Authors' contributions

O.Yu. Bogdanova: participation in the surgical operation, observation of the patient, collection and processing of material, article writing and editing;

A.Yu. Grigoriev: participation in the surgical operation, article editing, general supervision;

V.G. Pilnikov, E.A. Melikov: participation in the surgical operation, collection and processing of material, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

О.Ю. Богданова / O.Yu. Bogdanova: <https://orcid.org/0000-0002-1804-9836>

А.Ю. Григорьев / A.Yu. Grigoriev: <https://orcid.org/0000-0002-9575-4520>

В.Г. Пильников / V.G. Pilnikov: <https://orcid.org/0000-0001-9692-2998>

Э.А. Меликов / E.A. Melikov: <https://orcid.org/0000-0001-5173-6956>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Пациентка подписала информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The patient signed an informed consents to the publication of his data.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ГЕАНГИОБЛАСТОМЫ МОЗЖЕЧКА ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Н.А. Заячковский, А.А. Пальцев, М.М. Тастанбеков, О.А. Ли

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2

Контакты: Никита Анатольевич Заячковский nikitazayachkovsky@yandex.ru

Среди всех первичных опухолей головного мозга с локализацией в задней черепной ямке гемангиобластома является наиболее часто встречающейся у взрослого населения. У некоторых пациенток манифестация опухоли головного мозга может произойти во время беременности.

В статье представлен клинический случай беременности, осложненной гипертензионно-гидроцефальной симптоматикой на фоне гемангиобластомы мозжечка и развившейся окклюзионной гидроцефалией. Результатом работы команды нейрохирургов, акушеров и анестезиологов было успешное оперативное лечение на фоне пролонгирования беременности. Через 5 мес после резекции опухоли рецидива гемангиобластомы не наблюдалось, пациентка родила здорового ребенка естественным путем.

Ключевые слова: гемангиобластома, беременность, микрохирургия, гидроцефалия, нейрохирургическая патология, опухоли центральной нервной системы

Для цитирования: Заячковский Н.А., Пальцев А.А., Тастанбеков М.М., Ли О.А. Хирургическое лечение гемангиобластомы мозжечка во время беременности: клиническое наблюдение и обзор литературы. Нейрохирургия 2024;26(2):76–81. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-76-81>

Surgical treatment of cerebellar hemangioblastoma during pregnancy: a clinical case and literature review

N.A. Zayachkovsky, A.A. Paltsev, M.M. Tastanbekov, O.A. Li

Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia

Contacts: Nikita Anatolyevich Zayachkovsky nikitazayachkovsky@yandex.ru

Among all primary brain tumors with localization in the posterior cranial fossa, hemangioblastoma is the most common among the adult population. In some patients, the manifestation of a brain tumor may occur during pregnancy.

This article describes a clinical case of pregnancy complicated by hypertensive-hydrocephalic symptoms against the background of cerebellar hemangioblastoma and developed occlusive hydrocephalus. The result of the work of a team of neurosurgeons, obstetricians and anesthesiologists was successful surgical treatment against the background of pregnancy prolongation. Five months after tumor resection, no recurrence of hemangioblastoma was observed, the patient gave birth to a healthy baby naturally.

Keywords: hemangioblastoma, pregnancy, microsurgery, hydrocephalus, neurosurgical pathology, central nervous system tumors

For citation: Zayachkovsky N.A., Paltsev A.A., Tastanbekov M.M., Li O.A. Surgical treatment of cerebellar hemangioblastoma during pregnancy: a clinical case and literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2): 76–81. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-76-81>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно классификации опухолей центральной нервной системы Всемирной организации здравоохранения 2021 г. гемангиобластомы относятся к мезенхимальным сосудистым опухолям [1]. Гемангиобластомы составляют около 1–2,5 % всех интракраниальных опухолей и являются наиболее часто встречающимися первичными опухолями с локализацией в задней черепной ямке у взрослого населения [2].

Учитывая тот факт, что данная патология может развиваться у женщин детородного возраста, в клинической практике вполне вероятны случаи манифестации гемангиобластомы во время беременности. Такие случаи могут стать настоящим испытанием для команды врачей.

В данной статье мы хотим представить собственное клиническое наблюдение и поделиться с читателями нашим опытом лечения беременной пациентки с гемангиобластомой.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациентка К., 31 года, поступила в нейрохирургическое отделение НМИЦ им. В.А. Алмазова на 19-й неделе беременности с диагнозом: объемное образование правого полушария мозжечка.

Из анамнеза известно, что на 17–18-й неделях беременности пациентка стала отмечать резкое ухудшение состояния: появились жалобы на выраженную головную боль давящего характера, тошноту, многократную рвоту, двоение в глазах. Пациентка была госпитализиро-

вана по месту жительства в перинатальный центр. Установлен диагноз объемного образования правого полушария мозжечка. Пациентка переведена для дальнейшего лечения в федеральный центр — НМИЦ им. В.А. Алмазова.

Оценка неврологического статуса при осмотре: пациентка в ясном сознании, предъявляет жалобы на выраженную головную боль (7 баллов по визуальной аналоговой шкале), в позе Ромберга неустойчива, отмечаются шаткость походки, динамическая и статическая мозжечковая атаксия. При осмотре глазного дна офтальмологом выявлены застойные диски зрительных нервов.

По данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга с контрастным усилением при поступлении определялось кистозное образование правой гемисферы мозжечка размерами $4,4 \times 3,6 \times 2,7$ см, после введения контрастного вещества наблюдалось его накопление солидным компонентом опухоли размером около 0,7 см, также была выявлена компрессия IV желудочка головного мозга с развитием окклюзионной тривентрикулярной гидроцефалии (рис. 1).

Для определения тактики лечения проведен консилиум в составе акушера-гинеколога, анестезиолога-реаниматолога, нейрохирурга, офтальмолога. С учетом клинической картины повышения внутричерепного давления, высокого риска нарастания дислокации структур головного мозга и риска летального исхода врачебным консилиумом было принято решение о проведении операции в неотложном порядке на фоне пролонгирования беременности.

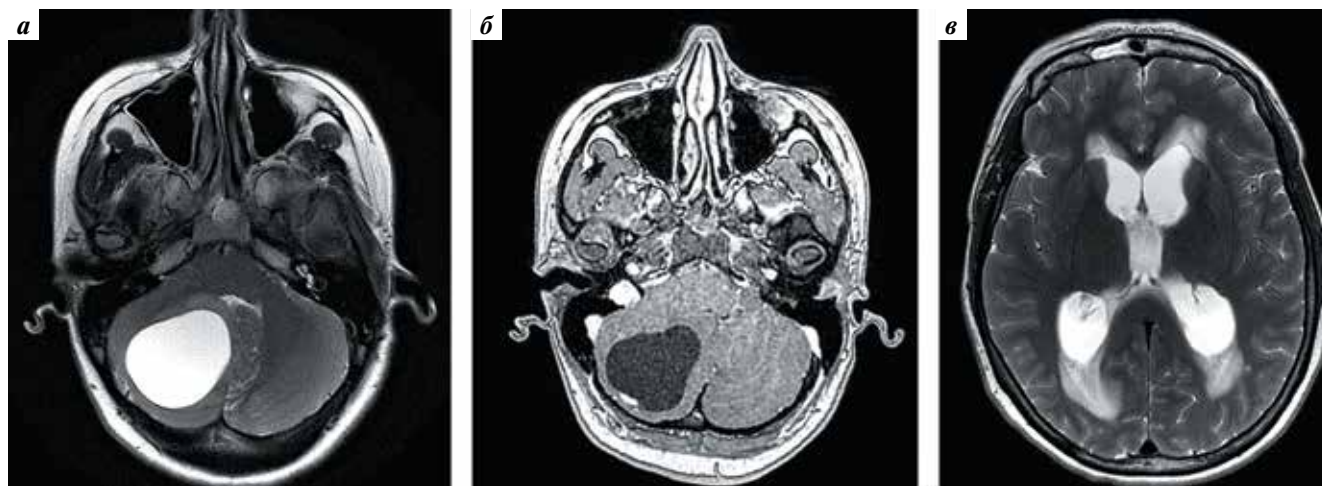


Рис. 1. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки на момент поступления. Магнитно-резонансная картина характерна для гемангиобластомы: а — T2-взвешенное изображение: в правом полушарии мозжечка визуализируется кистозное образование с жидкостью, изоинтенсивной по отношению к ликвору; размеры кисты $4,4 \times 3,6 \times 2,7$ см; наблюдается компрессия IV желудочка; б — после контрастного усиления визуализируется опухолевый узел на задней стенке опухолевой кисты, размер опухолевого узла около 0,7 см; в — T2-взвешенное изображение: картина тривентрикулярной окклюзионной гидроцефалии и перивентрикулярного гидростатического отека на фоне компрессии IV желудочка опухолью

Fig. 1. Magnetic resonance imaging of the patient's brain at the time of admission. The presented magnetic resonance picture is typical for cerebellar hemangioblastoma: а — T2 weighted image: in the right hemisphere of the cerebellum, a cystic mass is visualized with fluid isointense with respect to the CSF; the size of the cyst is $4.4 \times 3.6 \times 2.7$ cm; compression of the 4th ventricle is observed; б — after contrast enhancement, a tumor node is visualized on the posterior wall of the tumor cyst, the size of the tumor node is about 0.7 cm; в — T2 weighted image: a picture of triventricular occlusive hydrocephalus and periventricular hydrostatic edema against the background of compression of the 4th ventricle by the tumor

За 1 ч до оперативного лечения в качестве токолитической терапии пациентке выполнена инфузия 30 мл 25 % раствора сульфата магния со скоростью 0,5 мл/мин. С целью индукции наркоза было введено 50 мг рокурония бромид, 185 мг пропофола, 0,2 мг фентанила. Регионарная анестезия не проводилась. Для поддержания общей анестезии было введено 0,8 мг фентанила. Для поддержания перфузионного давления использовали норадреналин с минимальной скоростью введения 0,03 мкг/кг/мин. В качестве интраоперационного антибиотика использовали цефуроксим 1,5 г с продолжением антибактериальной профилактики до суток с введением препарата каждые 8 ч.

В положении пациентки на левом боку была выполнена парамедианная субокципитальная краниотомия на стороне опухоли. Твердая мозговая оболочка была напряжена, при ее вскрытии наблюдалось пролабирование правого полушария мозжечка в разрез твердой мозговой оболочки. С использованием операционного микроскопа были выполнены кортикотомия полушария мозжечка в проекции опухоли и вскрытие опухолевой кисты. Желтоватый трансудат кисты был аспирирован. При ревизии стенок опухолевой кисты обнаружен и удален опухолевый узел вишневого цвета. Макроскопически удаленная опухоль представлена гемангиобластомой.

Гистологическое исследование операционного материала подтвердило диагноз: гемангиобластома, grade I.

Время операции составило 1 ч 55 мин, кровопотеря — 200 мл. На протяжении оперативного вмешательства проводился кардиотокмографический мониторинг состояния плода. С целью профилактики тромбозмобилических осложнений использовали компрессионный трикотаж II степени компрессии.

Интраоперационно и в 1-е сутки послеоперационного периода пациентке проводили инфузию гексопреналина со скоростью 0,075 мкг/мин с целью профилактики преждевременных родов. В периоперационном периоде использовались свечи вагинальные Утрожестан 200 мг 1 раз в сутки для пролонгирования беременности. С целью профилактики тромбозмобилических осложнений через 72 ч после оперативного лечения был назначен Фраксипарин 0,4 мл/сут подкожно.

Послеоперационный период протекал без клинических и лабораторных признаков осложнений. Неврологическая симптоматика в раннем послеоперационном периоде полностью регрессировала, как и отек дисков зрительных нервов, по данным осмотра глазного дна.

На 3-и сутки после оперативного лечения пациентке была выполнена МРТ головного мозга, по результатам которой установлены тотальное удаление опухоли, регресс дислокации структур головного мозга, отсутствие интракраниальных осложнений (рис. 2).

Пациентка выписана на 7-е сутки после операции в удовлетворительном состоянии.

Через 5 мес пациентка поступила повторно в перинатальный центр НМИЦ им. В.А. Алмазова для планового родоразрешения. При поступлении выполнена МРТ

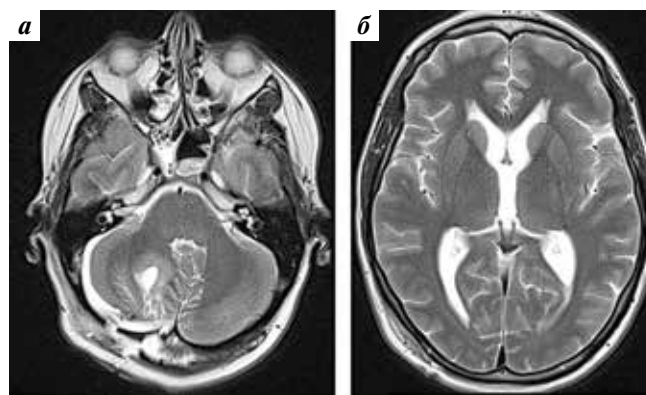


Рис. 2. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки на 3-и сутки после операции (T2-взвешенные изображения): а — в правом полушарии мозжечка определяется зона послеоперационных изменений, наблюдается регресс дислокации структур головного мозга; б — картина регресса тривентрикулярной гидроцефалии

Fig. 2. Magnetic resonance imaging of the patient's brain on the 3rd day after the operation (T2 weighted images): а — in the right hemisphere of the cerebellum, the zone of postoperative changes is determined. There is a regression of the dislocation of brain structures; б — the pattern of regression of triventricular hydrocephalus

головного мозга: установлено отсутствие рецидива гемангиобластомы (рис. 3).

Пациентка родила здорового ребенка в срок — на 39-й неделе беременности. Родоразрешение проводилось естественным путем в соответствии с акушерскими показаниями. В послеродовом периоде нарастания очаговой неврологической симптоматики не наблюдалось. Катамнез составил 12 мес после оперативного лечения: рецидива гемангиобластомы по данным МРТ не обнаружено; пациентка растит здорового ребенка.

ОБСУЖДЕНИЕ

При поиске с использованием ключевых слов «гемангиобластома, беременность» в российской научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU нами были найдены только 2 статьи по данной теме [3, 4]. По запросу “hemangioblastoma during pregnancy” поисковая система PubMed выдает 82 статьи.

В литературе описаны редкие случаи выявления гемангиобластомы мозжечка во время беременности (см. таблицу) [3, 5–12]. Столь малое количество работ по данной теме объясняет возможные проблемы при лечении таких пациенток, тем более что некоторым пациенткам может потребоваться хирургическое вмешательство в экстренном порядке в связи с нарастанием внутричерепной гипертензии [5, 8].

Влияние беременности на патогенез гемангиобластомы до конца неизвестно. В литературе описаны некоторые возможные механизмы этого процесса.

Так, Е.Е. Kasarskis и соавт. высказали предположение, что на увеличение объема гемангиобластомы может влиять повышение объема циркулирующей крови у беременных [6]. D. Brown и соавт. предположили наличие в клетках гемангиобластомы гормональных



Рис. 3. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки через 5 мес после операции: а — T2-взвешенное изображение: желудочковая система головного мозга нормального размера, регресс перивентрикулярного отека, дислокации структур головного мозга не наблюдается; б — T2-взвешенное изображение: картина уменьшения послеоперационной полости в правом полушарии мозжечка; данных, указывающих на рецидив гемангиобластомы, нет; в — FLAIR-режим: отсутствие рецидива опухоли; видны артефакты от титановых краниофиксов

Fig. 3. Magnetic resonance imaging of the patient's brain 5 months after the operation: а — T2 weighted image: ventricular system of the brain of normal size, regression of periventricular edema, dislocation of brain structures is not observed; б — T2 weighted image shows a reduction in the postoperative cavity in the right hemisphere of the cerebellum, there is no evidence of recurrence of hemangioblastoma; в — FLAIR VI shows no tumor recurrence; artifacts from titanium craniofixes are visible

рецепторов, обуславливающих рост опухоли во время беременности [13]. В литературе есть несколько работ, описывающих наличие гормональных рецепторов у опухолей менингососудистого ряда [14]. Y. Laviv и соавт. объясняют развитие симптомов внутричерепной гипертензии участием плацентарного фактора роста (PIGF) в увеличении объема опухолевой кисты [15]. S. Zhang и соавт. описали клиническое наблюдение рецидива гемангиобластомы на фоне беременности и высказали предположение о влиянии гормонального фона беременных на патогенез данного типа опухоли [7].

В связи с малым числом наблюдений трудно представить возможность стандартизации оказания медицинской помощи данной категории пациенток.

N. Nayak и соавт. на основе обзора данных литературы рассматривают следующие варианты ведения таких пациенток: динамическое наблюдение, ликворошунтирующая операция, микрохирургическое удаление опухоли [8]. Вполне понятно, что динамическое наблюдение возможно только при отсутствии неврологической симптоматики на поздних сроках беременности [9].

Ликворошунтирующая операция может быть рассмотрена в случае риска преждевременных родов [8]. Однако необходимо учитывать, что ликворошунтирующая операция является временной мерой, требует

общей анестезии и сама по себе несет риски осложнений [5, 6].

Публикации, посвященные микрохирургическому удалению гемангиобластомы мозжечка во время беременности, в основном представляют собой описания клинических наблюдений [8]. В частности, K. Naidoo и соавт. сообщают об успешном удалении опухоли на 21-й и 33-й неделях беременности [10], а в статье L. Nathan и соавт. описан случай успешного удаления гемангиобластомы мозжечка на 28-й неделе [11].

Представленное нами клиническое наблюдение демонстрирует важность тщательного неврологического осмотра и обследования беременных пациенток с общемозговой симптоматикой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гемангиобластома мозжечка является очень редкой патологией, проявляющейся во время беременности. Теме не менее данный тип первичной опухоли головного мозга необходимо учитывать при дифференциальной диагностике у беременной пациентки с персистирующей головной болью, тошнотой и рвотой.

Успешное хирургическое лечение возможно на фоне пролонгирования беременности, однако решение должно приниматься мультидисциплинарной командой врачей, включающей нейрохирурга, акушера-гинеколога и анестезиолога-реаниматолога.

Сравнительный анализ публикаций, посвященных гемангиобластомам во время беременности
Comparative analysis of publications dedicated to hemangioblastomas during pregnancy

Авторы, год Authors, year	Локализация опухоли Tumor location	Неделя беременности Pregnancy week	Размер опухоли (с кистой), см Tumor size (with cyst), cm	Тактика лечения Treatment tactics	Осложнения Complications	Исход для матери Outcome for the mother	Исход для плода Outcome for the fetus
Е.М. Шифман и соавт., 2011 [3] E.M. Shifman et al., 2011 [3]	Мозжечок Cerebellum	27-я 27 th	Нет данных No data	Резекция опухоли до родов Tumor resection prior to childbirth	Нет None	Жива, кесарево сечение на 36-й неделе Alive, cesarean section at week 36	Живы (двойня), недоношенность Alive, prematurity
Т. Rehman и соавт., 2009 [5] T. Rehman et al., 2009 [5]	Мозжечок Cerebellum	29-я 29 th	2,5 × 4,1 × 3,6	Имплантация резервуара Оммаи в кисту опухоли, резекция опухоли после родов Implantation of Ommaya reservoir into the tumor cyst, tumor resection after childbirth	Нет None	Жива, роды на 35-й неделе Alive, childbirth at week 35	Жив, недоно- шенность Alive, prematurity
Е.Ј. Kasarskis и соавт., 1988 [6] E.J. Kasarskis et al., 1988 [6]	Мозжечок Cerebellum	14-я 14 th	Нет данных No data	Нет данных No data	Нет данных No data	Нет данных No data	Нет данных No data
С. Zhang и соавт., 2021 [7] S. Zhang et al., 2021 [7]	Мозжечок Cerebellum	15-я 15 th	Нет данных No data	Резекция опухоли до родов Tumor resection prior to childbirth	Нет None	Жива Alive	Жив Alive
Н. Navak, А. Kumar, 2020 [8]	Мозжечок Cerebellum	28-я 28 th	5,4 × 4,5 × 3	Резекция опухоли до родов Tumor resection prior to childbirth	Нет None	Жива, роды на 39-й неделе Alive, childbirth at week 39	Жив, доношен- ный Alive, full term
К. Romansky и соавт., 1992 [9] K. Romansky et al., 1992 [9]	Мозжечок Cerebellum	34-я 34 th	Нет данных No data	НВД, резекция опухоли после родов EVD, tumor resection after childbirth	Нет None	Жива, кесарево сечение на 34-й неделе Alive, cesarean section at week 34	Жив, недоно- шенность Alive, prematurity
К. Naidoo, A.I. Bhigjee, 1998 [10]	Множественное поражение мозжечка (vHL) Multiple tumors in the cerebellum	7-я 7 th	Нет данных No data	ВПШ, резекция наиболь- шей опухоли до родов VPS, resection of the largest tumor before childbirth	Нет None	Жива, кесарево сечение на 34-й неделе Alive, cesarean section at week 34	Жив, недоно- шенность Alive, prematurity
Л. Nathan и соавт., 1995 [11] L. Nathan et al., 1995 [11]	Мозжечок Cerebellum	24-я 24 th	Нет данных No data	Резекция опухоли до родов Tumor resection prior to childbirth	Нет None	Жива, роды на 40-й неделе Alive, childbirth at week 40	Жив, доношен- ный Alive, full term
К. Oda и соавт., 2022 [12] K. Oda et al., 2022 [12]	Мозжечок Cerebellum	30-я 30 th	5,6	Резекция опухоли после кесарева сечения Tumor resection after cesarean section	Нет None	Жива, кесарево сечение на 30-й неделе Alive, cesarean section at week 30	Жив, недоно- шенность Alive, prematurity

Примечание. НВД – наружный вентрикулярный дренаж; ВПШ – вентрикулонеритонеальное шунтирование; vHL – болезнь Гиппеля–Линдау.
Note. EVD – external ventricular drainage; VPS – ventriculoperitoneal shunt; vHL – von Hippel–Lindau disease.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Louis D.N., Perry A., Wesseling P. et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Neuro Oncol* 2021;23(8):1231–51. DOI: 10.1093/neuonc/noab106
2. Greenberg M.S. Handbook of Neurosurgery. 9th edn. Ch. 41.2. Mesenchymal, non-meningothelial tumors. Berlin [etc.]: Thieme, 2019. Pp. 716–21.
3. Шифман Е.М., Ордзоникидзе Н.В., Полянчикова О.Л. и др. Гемангиоперицитома мозжечка, манифестировавшая во время беременности. Клиническое наблюдение с благоприятным исходом. *Акушерство и гинекология* 2011;7–1:73–8. Shifman E.M., Ordzhonikidze N.V., Polyanchikova O.L. et al. Cerebellar hemangiopericytoma, manifested during pregnancy. Clinical observation with a favorable outcome. *Akusherstvo i ginekologiya = Obstetrics and Gynecology* 2011;7–1:73–8. (In Russ.).
4. Воронин Д.В., Корлякова М.Н., Халиков А.Д., Карпов К.П. Пренатальная мультимодальная лучевая диагностика гемангиомы мозжечка: клиническое наблюдение и обзор литературы. *Пренатальная диагностика* 2017;3:226–33. Voronin D.V., Korlyakova M.N., Khalikov A.D., Karpov K.P. Prenatal multimodal radiation diagnosis of cerebellar hemangioma: clinical observation and literature review. *Prenatalnaya diagnostika = Prenatal Diagnostics* 2017;3:226–33. (In Russ.).
5. Rehman T., Ali R., Yonas H. Cerebellar haemangioblastoma: temporising treatment in a high risk pregnancy. *BMJ Case Rep* 2009;2009:bcr01.2009.1413. DOI: 10.1136/bcr.01.2009.1413
6. Kasarskis E.J., Tibbs P.A., Lee C. Cerebellar hemangioblastoma symptomatic during pregnancy. *Neurosurgery* 1988;22(4):770–2. DOI: 10.1227/00006123-198804000-00029
7. Zhang S., Wang Y., Yu X. et al. Pregnancy promotes the recurrence of cerebellar hemangioblastoma? *J Craniofac Surg* 2021;32(8):e830–e33. DOI: 10.1097/SCS.00000000000007683
8. Nayak N., Kumar A. Cerebellar hemangioblastoma during pregnancy: management options and review of literature. *Surg Neurol Int* 2020;11:123. DOI: 10.25259/SNI_203_2020
9. Romansky K., Arnaudova V., Nachev S. Hemangioblastoma during pregnancy. Case report. *Zentralbl Neurochir* 1992;53(1):37–9.
10. Naidoo K., Bhigjee A.I. Multiple cerebellar haemangioblastomas symptomatic during pregnancy. *Br J Neurosurg* 1998;12(3):281–4. DOI: 10.1080/02688699845168
11. Nathan L., Satin A.J., Twickler D.M. Cerebellar hemangioblastoma complicating pregnancy. A case report. *J Reprod Med* 1995;40(9):662–4.
12. Oda K., Amamoto T., Enomoto T. et al. Favorable management of symptomatic cerebellar hemangioblastoma presenting with obstructive hydrocephalus during pregnancy: a case report and literature review. *Surg Neurol Int* 2022;13:174. DOI: 10.25259/SNI_105_2022
13. Brown D.F., Dababo M.A., Hladik C.L. et al. Hormone receptor immunoreactivity in hemangioblastomas and clear cell renal cell carcinomas. *Mod Pathol* 1998;11(1):55–9.
14. Лубнин А.Ю., Авхледиани К.Н., Согомонян С.А. Нейрохирургическая патология у беременных. Анестезиологические и тактические аспекты. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2018;1:5–15. DOI: 10.21320/1818-474X-2018-1-1-15
15. Lubnin A.Yu., Avkhlediani K.N., Soghomonyan S.A. Neurosurgical pathology in pregnant women. Anesthesiological and tactical aspects. *Vestnik intensivnoy terapii im. A.I. Saltanova = Alexander Saltanov Intensive Care Herald* 2018;1:5–15. (In Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2018-1-1-15
16. Laviv Y., Wang J.L., Anderson M.P., Kasper E.M. Accelerated growth of hemangioblastoma in pregnancy: the role of proangiogenic factors and upregulation of hypoxia-inducible factor (HIF) in a non-oxygen-dependent pathway. *Neurosurg Rev* 2019;42(2):209–26. DOI: 10.1007/s10143-017-0910-4

Вклад авторов

Н.А. Заячковский, А.А. Пальцев: лечение пациентки, написание текста статьи;
М.М. Тастанбеков: редактирование текста статьи, научное консультирование, участие во врачебном консилиуме по ведению пациентки;
О.А. Ли: лечение пациентки, ведение родов, консультирование по разделу акушерства и гинекологии.

Authors' contributions

N.A. Zayachkovsky, A.A. Paltsev: treatment of the patient, article writing;
M.M. Tastanbekov: editing the article, scientific consulting, participation in a medical consultation on the management of the patient;
O.A. Li: treatment of the patient, management of childbirth, counseling in the field of obstetrics and gynecology.

ORCID авторов / ORCID of authors

Н.А. Заячковский / N.A. Zayachkovsky: <https://orcid.org/0000-0002-4532-440X>
А.А. Пальцев / A.A. Paltsev: <https://orcid.org/0000-0002-9966-2965>
М.М. Тастанбеков / M.M. Tastanbekov: <https://orcid.org/0000-0003-3675-9302>
О.А. Ли / O.A. Li: <https://orcid.org/0000-0002-3587-0140>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов. Пациентка подписала информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights. The patient gave written informed consent to the publication of her data.

Статья поступила: 22.12.2022. Принята к публикации: 25.01.2024.

Article submitted: 22.12.2022. Accepted for publication: 25.01.2024.

МОЖЕТ ЛИ ПОЛНОЕ ИССЕЧЕНИЕ ТРАВМИРОВАННОГО УЧАСТКА СПИННОГО МОЗГА ПРИВОДИТЬ К ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ?

М.В. Лебенштейн-Гумовски¹, А.А. Гринь^{1,2}

¹ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1

Контакты: Михаил Владимирович Лебенштейн-Гумовски Dr.lebenstein.g@gmail.com

До настоящего времени не разработаны успешные способы восстановления поврежденного спинного мозга и его функций при тяжелой спинномозговой травме, такой как ушиб спинного мозга, его разрыв или пересечение. Во многом это связано с отсутствием методик лечения, направленных на цепь патогенетических процессов, происходящих в нервной ткани после травмы. Тема восстановления функций спинного мозга зачастую считается нежелательной для обсуждения и находится под влиянием клинических стереотипов. В статье предлагается рассмотреть метод лечения спинномозговой травмы, основанный на современных данных о патофизиологических процессах в месте повреждения и за его пределами. Использование новых данных и достижений экспериментальной науки о тяжелой травме спинного мозга может явиться серьезным шагом к разработке новых методик лечения этой патологии.

Ключевые слова: спинальная травма, травма спинного мозга, валлеровское перерождение, дегенерация, глиальный рубец, полиэтиленгликоль, хитозан, клеточные матрицы, стволовые клетки, кордэктомия, корпорэктомия, корпорорез, спондилодез, эксайтотоксичность, аксональный рост

Для цитирования: Лебенштейн-Гумовски М.В., Гринь А.А. Может ли полное иссечение травмированного участка спинного мозга приводить к положительным результатам? Нейрохирургия 2024;26(2):82–90.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-82-90>

Can a complete excision of the injured site of the spinal cord lead to positive results?

M. V. Lebenstein-Gumovski¹, A. A. Grin^{1,2}

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovitianov St., Moscow 117997, Russia

Contacts: Mikhail Vladimirovich Lebenstein-Gumovski Dr.lebenstein.g@gmail.com

Until now, there are no successful ways to restore the damaged spinal cord and its functions in severe spinal cord injury such as spinal cord contusion, rupture or intersection. This is largely due to the lack of treatment methods aimed at the chain of pathogenetic processes occurring in the nervous tissue after injury. The topic of restoration of spinal cord functions is taboo, often undesirable for discussion, and is influenced by clinical stereotypes. The article proposes to consider the method of treatment of spinal cord injury, using modern data, taking into account emerging pathophysiological processes at the site of injury and beyond. The use of new data and achievements of experimental science on severe spinal cord injury can be a serious step towards the development of new methods for the treatment of this pathology.

Keywords: spinal injury, spinal cord injury, Wallerian degeneration, degeneration, glial scar, polyethylene glycol, chitosan, cell matrices, stem cells, corpectomy, corporectomy, corporodesis, spinal fusion, excitotoxicity, axonal growth

For citation: Lebenstein-Gumovski M.V., Grin A.A. Can a complete excision of the injured site of the spinal cord lead to positive results? *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):82–90. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-82-90>

ВВЕДЕНИЕ

Длительное время тяжелая травма спинного мозга считалась бесперспективной с точки зрения возможности лечения и реабилитации пациентов. За годы клинических и экспериментальных наблюдений на протяжении XX в. сформировалось устойчивое мнение, что спинной мозг после его пересечения или разрыва не восстанавливает свои функции, макро- и микроанатомическую структуру. Такое мнение породило ряд скептических оценок в отношении многих исследований, направленных на его кардинальный пересмотр, и попыток найти ключ к восстановлению поврежденного спинного мозга. Это привело к «нежелательности» дискуссии по данной теме в научных кругах.

Даже в XXI в. Леон Себастьян Иллис (Léon Sebastian Illis) ведет свое рассуждение, отталкиваясь от столетних неудач в данной области, не придавая значения новым подходам: «Было бы трудно найти какую-нибудь другую отрасль науки с более чем столетней историей бесплодных усилий. По сути все, что применялось ранее, было повторением одной и той же идеи, хотя и разными способами, концентрацией внимания на месте травмы. В надежде получить другой результат мы приговорены к повторению одних и тех же экспериментов... Век исследований, сфокусированных на месте поражения, оказался непродуктивным» [1].

И все же история наблюдений по этой проблеме знает ряд случаев частичного или полного восстановления спинного мозга после его тотального или субтотального пересечения. Так, американские хирурги Фрэнсис Стюарт (Francis T. Stewart) и Ричард Гарт (Richard H. Harte) еще в 1902 г. описали случай оперативного соединения концов полностью разорванного огнестрельным ранением спинного мозга с частичным восстановлением его функций через 16 мес [2]. Однако в большинстве подобных случаев, описанных в XX в., спонтанного восстановления функций спинного мозга не происходило. В то же время Уолтер Фриман (Walter L. Freeman) в 1960-х годах в эксперименте на собаках резецировал 2 см разможенного спинного мозга и сопоставил его отрезки, сопроводив это укорачивающим корпородезом. Спустя несколько месяцев у собак значительно восстанавливались двигательная и тазовые функции, появлялась чувствительность. Прооперированные собаки передвигались, опираясь на все лапы. Клиническая картина была подтверждена и морфологическим исследованием. Было обнаружено восстановление микроструктуры спинного мозга [3–5].

Почему же в одних случаях происходит восстановление спинного мозга после его травмы, а в других — нет? При чем порой это не коррелирует с тяжестью

полученного повреждения. Вероятно, дело в подходах к лечению и взглядах на патогенез спинальной травмы.

СОВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ О ПАТОГЕНЕЗЕ СПИНАЛЬНОЙ ТРАВМЫ. ВОЗМОЖНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Рассмотрим исходы травмы периферических нервов после хирургического лечения и сравним их с повреждением в спинном мозге. Разумеется, периферический нерв и спинной мозг — далеко не одно и то же. Как правило, если произошло пересечение нерва и имеется значительный диастаз концов, то при отсутствии хирургического лечения в нерве происходят процессы валлеровской дегенерации с отмиранием дистального отрезка аксона и формированием глиального рубца. Если же концы нерва соприкасаются или был проведен нейрлизис с отсечением измененных концов нерва и пластическим замещением диастаза аутонервом, то наблюдается достаточно быстрый процесс регенерации. В благоприятных условиях средняя скорость прорастания проксимального участка аксонов достигает 1 мм/сут [6]. В 1-ю фазу валлеровского перерождения отмечаются распад миелиновых оболочек, макрофагальная инфильтрация. Дистальный отрезок аксона погибает, оставляя пустой свою миелиновую оболочку. Проксимальный отрезок аксона остается жизнеспособным, так как сохраняет связь с телом нейрона, и в своем дистальном участке образует утолщение — колбу роста. Шванновские клетки и макрофаги активно участвуют в фагоцитозе, поглощая миелин и продукты распада нервной ткани, тем самым очищая место травмы. При этом также происходят размножение шванновских клеток и их выстраивание вдоль оси нерва с образованием лент Бюгнера. Эти ленты выполняют роль направляющего каркаса, вдоль которого растут аксоны. Шванновские клетки создают благоприятные условия для аксонального роста, поддерживая его постоянность. Спустя некоторое время, по мере роста аксон вновь заполняет опустевший миелиновый туннель, и иннервация восстанавливается [7, 8].

При травме спинного мозга наблюдаются более сложные процессы, приводящие к дегенерации места травмы, зачастую с негативным прогнозом. Первичное повреждение — исключительно механическая травма нервной ткани. В момент травмы происходит одномоментное повреждение огромного числа клеток вещества мозга. Это влечет за собой выброс большого количества нейромедиаторов, в том числе глутамата. Начинается цепь событий, приводящая к повреждению спинного мозга вторичного характера, по объему во много раз превышающему первичное. Нейромедиаторы повреждают

еще не травмированные клетки, усугубляя повреждение и увеличивая его масштаб в геометрической прогрессии. Так проявляется эффект эксайтотоксичности по типу цепной реакции — повреждение одной клетки ведет к повреждению нескольких других. Глутаминовая кислота в большой концентрации нарушает электролитные процессы в клетках и в большом количестве приводит к быстрой их гибели, что ограничивает распространение эксайтотоксичности [9–11]. Гибель олигодендроцитов приводит к нарушению миелиновых оболочек и локальной демиелинизации. В результате нарушения микрососудистого русла происходит имбибиция нервной ткани клеточными элементами крови, главным образом эритроцитами и нейтрофилами. Наблюдается и макрофагальная инфильтрация. Развивается воспалительный процесс, и уровень цитокинов повышается в несколько десятков тысяч раз [12]. Усугубляется межклеточный отек, который распространяется на значительное расстояние от первичного очага и вызывает нарушение трофики нервной ткани. Иммунные реакции приводят к активации глиальной пролиферации. Наблюдаются явления апоптоза.

Однако в спинном мозге нет шванновских клеток, пролиферация которых выстраивает каркас для аксонального роста. Миелиновые оболочки в спинном мозге образованы олигодендроцитами, которые, напротив, ингибируют рост аксонов. Стоит отметить, что в исследованиях *in vitro* аксоны спинного мозга проявляют способность к росту так же, как и аксоны нейронов периферической нервной системы [13–15]. После завершения каскада патофизиологических процессов объем вторичных повреждений нервной ткани превосходит первичное повреждение в несколько раз, а олигодендроциты активно заполняют место травмы. В течение 4–12 нед вторичные факторы постепенно прекращают свое действие. В это время высокая активность макрофагов приводит к миграции в область повреждения фибробластов и, как следствие, развитию локального фиброза. Таким образом, область спинного мозга, которую затронули первичные и вторичные изменения, замещается сложным дегенеративным комплексом, состоящим из соединительной ткани, фибробластов, фиброцитов, макрофагов, не способных к обратной миграции, и глиальных клеток. Ткань в месте травмы приобретает губчатый вид и состоит из множества кист, окруженных глиальной капсулой и тяжами коллагеновых волокон. Такой фиброзно-глиально-кистозный рубец, занимающий достаточный объем, является механическим препятствием для регенерации аксонов [16–20].

Исходя из вышесказанного, в остром периоде спинномозговой травмы выделяют очаг первичного повреждения, область вторичного повреждения и область отека (рис. 1).

В клинической практике редко встречаются резаные ранения спинного мозга, особенно с полным его

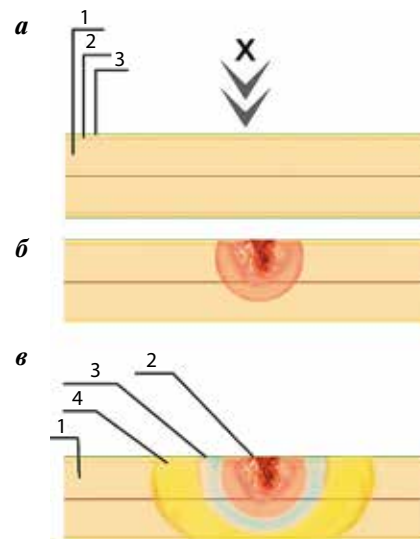


Рис. 1. Травма спинного мозга: а — действие травмирующего фактора (X) на здоровый спинной мозг. 1 — вещество спинного мозга, 2 — субдуральное пространство, 3 — твердая мозговая оболочка; б — травмированный спинной мозг; в — зоны повреждения. 1 — здоровая нервная ткань, 2 — зона первичного повреждения, 3 — зона вторичного повреждения, 4 — зона распространения вторичного повреждения и зона отека

Fig. 1. Spinal cord injury: а — the effect of a traumatic factor (X) on a healthy spinal cord. 1 — substance of the spinal cord, 2 — subdural space, 3 — dura mater; б — injured spinal cord; в — zones of damage. 1 — healthy nervous tissue, 2 — zone of primary damage, 3 — zone of secondary damage, 4 — zone of distribution of secondary damage and edema zone

пересечением. Чаще травма представляет собой очаг контузии или размозжения, который затрагивает лишь часть поперечника спинного мозга. После прекращения действия вторичных факторов конечные границы процесса стабилизируются.

Волокна, сохранившиеся в области травмы, могут продолжить нести функциональную нагрузку. Однако вероятность того, что при субтотальном повреждении сохранившиеся после действия первичного фактора волокна не станут жертвой вторичных процессов, весьма низка. Было замечено, что травма, затрагивающая до 50 % поперечника спинного мозга, чаще приводит к клинически значимому функциональному восстановлению [21–23].

При этом травма, затрагивающая свыше 50 %, клинически протекает как полный перерыв спинного мозга и прогностически гораздо менее благоприятна. В то же время даже 10 % сохранившихся аксонов могут в достаточной мере способствовать регрессу неврологического дефицита [24, 25]. Так, в клинической практике мы имеем ряд вероятностей, которые обуславливают гипотетически возможный положительный прогноз. Это можно записать в виде предлагаемой нами формулы:

$$P = f_1 f_2 f_{>10\%} f_{10\%},$$

где f_1 — вероятность неповреждения части волокон первичным агентом; f_2 — вероятность неповреждения

этой оставшейся части вторичными процессами, такими как ишемия и эксайтотоксичность; $f_{>10\%}$ — вероятность того, что невредимыми остались именно $>10\%$ нервных волокон; $f_{10\%}$ — вероятность того, что эти уцелевшие 10% (или более) настолько функционально значимы, что приведут к функциональному восстановлению. При этом P — вероятность совместного появления всех вероятностей.

Однако такое большое количество положительных вероятностей встречается редко, и при тяжелой травме значение P стремится к нулю. Но даже низкая вероятность положительного разрешения ситуации, надежда на пластичность нервной ткани и укоренившиеся стереотипы относительно возможности восстановления спинного мозга обуславливают дальнейшую лечебную тактику, заключающуюся в максимально бережном интраоперационном отношении к тканям спинного мозга. Часто врачи выбирают выжидательную тактику или практически полностью бездействуют в отношении непосредственно места травмы спинного мозга. Фактически хирургическое лечение тяжелой контузии спинного мозга со сдавлением ограничивается декомпрессионной ламинэктомией, в отдельных случаях — удалением участка разможнения или гематомы (рис. 2). Здесь ссылаются на принцип Парацельса «не навре-

ди», в значении «не навреди еще больше». Сама идея об иссечении нескольких пораженных сегментов спинного мозга и их аппроксимации до сих пор считается невозможной для применения на практике и зачастую не берется в расчет мировым врачебным сообществом, такой способ лечения воспринимается как нечто калечащее, еще более пагубное. В XX в. были предприняты попытки сшить спинной мозг и сопоставить его концы, в том числе с использованием укорачивающего спондилодеза [26]. Но тогда отсутствовали знания о веществах, способствующих мембранному «склеиванию» отрезков спинного мозга, не было препаратов и технологий, которые могли бы индуцировать репарацию и регенерацию нервной ткани и патогенетически воздействовать на область травмы.

В настоящее время эта идея становится вполне логичным решением проблемы. В острый период в очаге травмы происходят процессы, усугубляющие со временем степень повреждения. Чем меньше прошло времени с момента травмы, тем меньше область вторичного повреждения [27]. В это время в очаге происходит первичный распад клеток, имеются очаги некроза, инфильтрация клеточными элементами крови, макрофагами, содержится огромное количество нейромедиаторов, обуславливающих вторичное повреждение, каскады

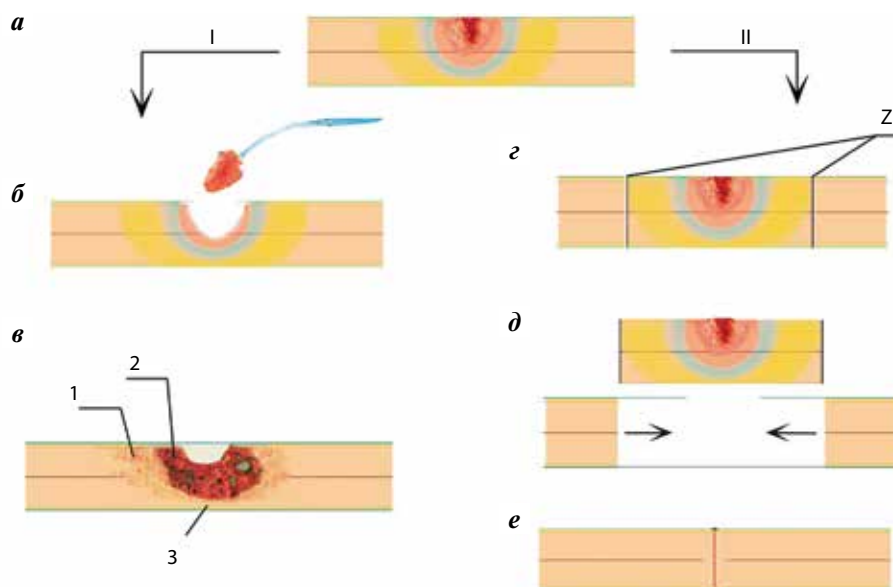


Рис. 2. Хирургические методы лечения травмы спинного мозга: а — спинной мозг с зонами первичного и вторичного повреждения; б, в — схема I — классический метод, используемый в клинической практике (схема I): б — удаление контузионного очага, тканевого детрита, в пределах визуально не нарушенной ткани; зона вторичного повреждения и отека остается, в ней продолжают процессы эксайтотоксичности; в — исход классического метода: формирование глиального рубца (1), кистозно-фиброзной трансформации (2), сохранение незначительного числа аксонов (3); г–е — схема II — метод полной резекции спинного мозга в области травмы: г — объем резекции (Z — разрезы); д — удаление патологического конгломерата с зонами первичного, вторичного повреждения и отека; сопоставление отрезков спинного мозга; е — исход экспериментальной операции: при соблюдении условий, способствующих репарации нервной ткани, практически все аксоны восстанавливаются

Fig. 2. Surgical methods treatment for spinal cord injury: а — spinal cord with areas of primary and secondary damage; б, в — scheme I: classical method used in clinical practice: б — removal of a contusion focus, tissue detritus, within the visually intact tissue; the zone of secondary damage and edema remains, excitotoxicity processes continue in it; в — the outcome of the classical method: formation of a glial scar (1), cystic-fibrous transformation (2), preservation of a small number of axons (3); г–е — scheme II — method of complete resection of the spinal cord in the area of injury: г — volume of resection (Z — cuts); д — removal of pathological conglomerate with areas of primary, secondary damage and edema; comparison of segments of the spinal cord; е — outcome of the experimental operation: under conditions conducive to the reparation of the nervous tissue, almost all axons undergo restoration

иммунных реакций, грубые ишемические и электролитные нарушения, тканевой отек. Все эти процессы взаимно усугубляют друг друга. Если вовремя прервать этот сценарий, можно избежать значительного вторичного повреждения нервной ткани.

Установлено, что при пересечении спинного мозга тонкое лезвие действует на ткани с силой >10 Н. При этом сила, действующая во время контузии спинного мозга, — около 26 000 Н [28]. Следовательно, если пересечь спинной мозг проксимальнее и дистальнее места травмы, можно свести к минимуму повреждающие факторы еще до начала распространения вторичного повреждения. Иными словами, учитывая низкую вероятность восстановления спинного мозга без вмешательств, такое радикальное действие, как полное пересечение спинного мозга с резекцией его травмированного участка, при условии достаточной аппроксимации концов будет гораздо менее травматичным для пациента, нежели сохранение очага травмы с активно развивающимися вторичными процессами. Поскольку объем поражения нервной ткани напрямую зависит от силы и площади приложения первичного фактора, то если взять за основу силу, прилагаемую к нервной ткани в момент ее разрезания лезвием, и силу контузии спинного мозга, объем поражения от лезвия минимум в 2600 раз будет меньше любой локальной контузии. Операция иссечения контузионного очага минимизирует первичное и вторичное повреждение нервной ткани, создавая условия для репарации (рис. 2).

По данным Y. Yoshida и соавт. (2012), максимально чистый разрез в эксперименте практически не приво-дил к образованию отека, и впоследствии не формировались кисты и рубцы, тогда как относительно тупая травма вызывала отек, за которым следовали рубцовые и кистозные изменения вокруг контузионных очагов. Однако в некоторых случаях в культе спинного мозга развивался отек, так как соединение концов спинного мозга после их хирургического пересечения лезвием проводилось в сроки >10 –20 мин. Эти данные согласуются с результатами исследования на грызунах: концы пересеченных аксонов остаются стабильными только в течение ~ 10 –20 мин перед тем, как подвергнуться фрагментации на обоих концах, что является первым проявлением валлеровской дегенерации [29]. Следовательно, помимо чистоты среза, существенную роль играет и быстрота сопоставления концов спинного мозга после резекции первично травмированного участка. При этом время от момента получения травмы до резекции может ограничиваться несколькими часами, что вполне достаточно для транспортировки пациента в специализированный стационар и выполнения хирургического вмешательства. Хотя лишь 24–51 % пострадавших с травмой спинного мозга может быть оказана помощь в нейрохирургическом отделении в течение 24 ч после травмы, а число про-

оперированных в течение первых 8 ч после травмы не превышает 10 % [28].

Такое кардинальное вмешательство, как поперечное иссечение спинного мозга и дальнейшее сопоставление его отрезков, порождает ряд скептических вопросов. Например, как возможно точное сопоставление проксимального и дистального отрезков необходимых аксонов? Каков механизм репарации, если, несмотря на минимизацию повреждения при разрезе, отсутствие шванновских клеток все равно будет приводить к ингибированию аксонального роста и не будут формироваться колбы роста и тяжи Бюгнера?

Описанные выше патофизиологические процессы действительно, хотя и в меньшей степени, актуальны и для повреждения спинного мозга лезвием при резекции его участка. Скорее всего, простого сопоставления отрезков спинного мозга будет недостаточно, ведь развитие вторичного повреждения по-прежнему ничем не ограничено. Проводя аналогию с валлеровским перерождением, многие авторы предлагали индуцировать рост аксонов факторами аксонального роста, изменяли клеточное окружение в месте травмы, вводили в диастаз клеточные матрицы, культуры клеток обонятельной луковицы, стволовые, эмбриональные клетки [30–40]. В ряде экспериментов был получен положительный результат: формировались новые аксональные связи, проксимальные отрезки нейронов прорастали в дистальные участки. Однако процесс восстановления во всех случаях был длительным и частичным, а макро- и микроструктура спинного мозга значительно изменялись [30–40].

В этом отношении представляют интерес исследования полимерных соединений для создания буферной среды в месте травмы. Некоторые полимеры, такие как хитозан, полиэтиленгликоль [41–48], конъюгаты полиэтиленгликоля с молочной кислотой, нанодисперсные, мицеллярные формы [49, 50] и соединения с графеном [43, 51], будучи введенными в диастаз спинного мозга, проявляют свойства «мембранных герметиков» или фузогенов (англ.: fusion — слияние). Предполагается, что они повышают текучесть аксолеммы проксимального и дистального отрезков аксона, вызывая мембранный наплыв и слияние мембран аксонов. Происходит своего рода «склеивание» аксонов [52–55].

Как известно, отмирание дистального отрезка аксона происходит не одномоментно, а значительно растягивается во времени. Разрушение аксона начинается непосредственно в месте травмы, но относительная стабильность мембраны сохраняется в срок до 20 мин [29]. Таким образом, если после резекции участка спинного мозга осуществить сопоставление его отрезков, предварительно обработав их фузогенами, можно добиться эффекта мембранного «склеивания». Буферные среды также могут ограничивать и частично нейтрализовывать или замедлять распространение нейромедиаторов, цитокинов и предупреждать эффект

эксайтотоксичности. Эти свойства фузогенов уже сейчас можно рассматривать как ключевой момент в решении вопроса о репарации спинного мозга. Действуя строго физиологично, они не нарушают анатомических и гистологических взаимоотношений в спинном мозге и лишь создают благоприятные условия для репаративных процессов. Соответственно, теряется необходимость в поиске механизма, похожего на валлеровское перерождение с лентами Бюгнера и колбами роста.

Необходимо отметить, что восстановление функций спинного мозга в некоторых исследованиях после его пересечения с применением фузогенов становится клинически значимым спустя несколько дней после травмы, что невозможно в модели восстановления функций за счет аксонального роста. Так, в исследовании S. Ren и соавт. (2019) выполняли полное пересечение спинного мозга у собаки на уровне Th₁₀ [56]. Уже через 3 дня авторы отмечали постепенное возвращение двигательной активности в нижних конечностях у прооперированного животного, а полное восстановление происходило через 6 мес. Измерение электрической проводимости спинного мозга с помощью регистрируемых вызванных потенциалов показало, что восстановление после применения фузогенов может происходить у некоторых особей уже через несколько минут, но в большинстве случаев — в течение 1 ч [57]. В то же время, как выяснилось, в спинном мозге все же могут происходить явления, характерные для периферических нервов. Речь идет об аксональном росте, который начинается через несколько минут после плотного сопоставления отрезков спинного мозга, и становится значимым примерно через 4–6 ч, преодолевая место травмы и достигая дистального отрезка [55, 58]. Возможно, что в условиях плотного сопоставления отрезков спинного мозга и при использовании буферной среды репарация спинного мозга происходит за счет этих 2 механизмов — слияния аксонов, с одной стороны, и аксонального роста — с другой.

Вопрос о точности сопоставления аксонов в спинном мозге после резекции его участка находит ответ в явлении нейропластичности и адаптационных свойствах центральной нервной системы. Так, в XIX в. Мари Жан Пьер Флуранс (Marie Jean Pierre Flourens) выполнил эксперимент, отчетливо демонстрирующий эти явления. Исследователь перерезал у петуха нерв, идущий к мышце, сгибающей крыло, и нерв, идущий к мышце-антагонисту. Поменяв их между собой, выполнил соединение этих нервов крест-накрест: нерв сгибателей крыла соединил с проксимальным отрезком разгибательного нерва, а нерв, идущий от разгибателей крыла, — с проксимальным отрезком сгибательного нерва. После операции и реабилитации оказалось, что крылья у птицы действуют точно так же, как они действовали раньше, несмотря на перекрест в нервах-антагонистах [59].

В спинном мозге аксональные тяжи, формирующие белое вещество, сгруппированы по канатикам и очень плотно прилежат друг к другу. Каждый канатик спинного мозга состоит из аксонов строго определенной группы и несет в себе импульсы со строго определенной функцией, и эти аксоны имеют одинаковое (либо только эфферентное, либо только афферентное) направление. При этом число аксонов в белом веществе спинного мозга оценивается более чем в 20 млн. При резекции спинного мозга в пределах даже нескольких сегментов аксональные тяжи сохраняют свои локализацию, функции и направление. Необходимости в точном сопоставлении отрезков одного и того же аксона нет. Соседние аксоны, будучи соединенными между собой, имеют одинаковое направление и схожую функцию. Если функция незначительно отличается, например в случае, если один аксональный тяж участвует в иннервации мышц передней группы бедра, а другой — задней группы бедра, то после соединения отрезков дистальные аксоны перенимают функцию проксимального, а нейропластичность меняет функциональное предназначение этого аксонального пути [45]. Происходит функциональная адаптация. Близкое расположение друг к другу аксонов, выполняющих схожие функции, и расположение их в крупных аксональных пучках — спинномозговых канатиках гарантирует сопоставление отрезков аксонов без потери функциональности [48].

Несмотря на то что возможности фузогенов при наличии ровного среза спинного мозга были неоднократно продемонстрированы многими авторами, перспектива их клинического применения зависит от того, как скоро будут пересмотрены оперативные подходы к лечению травмы спинного мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе развития науки мы располагаем значительными знаниями о процессах, происходящих в спинном мозге после его повреждения. Известны исходы классического метода лечения тяжелой контузии, разрыва или пересечения спинного мозга. Они редко приводят к восстановлению двигательной и чувствительной функций. Удаление контузионного очага или даже бездействие в отношении места травмы приводят к усугублению процессов, происходящих на тканевом уровне, нарушают физиологические и анатомические связи и делают невозможным полноценное восстановление спинного мозга. Процессы вторичного повреждения нервной ткани происходят стремительно за счет быстро развивающегося отека, эффекта эксайтотоксичности, привлечения иммунных комплексов, нарушения гематоэнцефалического барьера, обуславливая формирование окончательной зоны вторичного повреждения спинного мозга, многократно превышающей объем первичного. Даже при удалении области первичного повреждения остается обширный

объем нервной ткани, пораженной на клеточном уровне вторичными факторами. В настоящее время следует признать неэффективным такой принцип лечения спинномозговой травмы с точки зрения восстановления функций спинного мозга.

Имеющиеся сведения о возможности аксонального роста в белом веществе спинного мозга при плотном сопоставлении разрезанных участков, а также описанный эффект «мембранного склеивания» с помощью некоторых полимеров с фузоген-эффектом позволяют однозначно утверждать о достаточном репаративном потенциале вещества спинного мозга. При разработке

и внедрении в клиническую практику новых методов лечения тяжелой спинномозговой травмы следует опираться на эти сведения и прежде всего рассматривать возможность полного иссечения травмированного участка спинного мозга с последующим соединением его проксимального и дистального отрезков. Только пересмотр проблемы и хирургических методик при спинальной травме с учетом результатов современных исследований позволит начать применять полученные сведения для эффективного лечения пациентов с этим инвалидизирующим и долгое время считавшимся безнадежным состоянием.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Illis L.S. Central nervous system regeneration does not occur. *Spinal Cord* 2012;50(4):259–63. DOI: 10.1038/sc.2011.132
- Stewart F.T., Harte R.H. A case of severed spinal cord in which myelorrhaphy was followed by partial return of function. *Philadelphia Med J* 1902;9:1016–20.
- Freeman L.W. Editors Proceedings, X Congreso Latinoamericano de Neurocirugía. Brazil: Editorial Don Bosco, 1963. Pp. 135–44.
- Freeman L.W. Return of spinal cord function in mammals after transecting lesions. *Ann NY Acad Med Sci* 1954;58(5):564–9. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1954.tb54093.x
- Freeman L.W. Experimental observations upon axonal regeneration in the transected spinal cord of mammals. *Clin Neurosurg* 1962;8:294–319. DOI: 10.1093/neurosurgery/8.cn_suppl_1.294
- Карагяур М.Н., Макаревич П.И., Шевченко Е.К. и др. Современные подходы к регенерации периферических нервов после травмы: перспективы генной и клеточной терапии. *Гены и клетки* 2017;12(1):6–14. DOI: 10.23868/gc120633
- Karagyaour M.N., Makarevich P.I., Shevchenko E.K. et al. Modern approaches to peripheral nerve regeneration after injury: the prospects of gene and cell therapy. *Geny i kletki = Genes & Cells* 2017;12(1):6–14. (In Russ.). DOI: 10.23868/gc120633
- Александров Ю.И., Анохин К.В., Безденежных Б.Н. и др. Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование: фундаментальное руководство. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2008. 548 с.
- Aleksandrov Yu.I., Anokhin K.V., Bezdenezhnykh B.N. et al. Neuron. Signal processing. Plastic. Modeling: A Fundamental Guide. Tyumen: Izd-vo Tumenskogo gos. un-ta, 2008. 548 p. (In Russ.).
- Rowland J.W., Hawryluk G.W., Kwon B., Fehlings M.G. Current status of acute spinal cord injury pathophysiology and emerging therapies: promise on the horizon. *Neurosurg Focus* 2008;25(5):E2. DOI: 10.3171/FOC.2008.25.11.E2
- Chen Y., Tang Y., Vogel L.C., Devivo M.J. Causes of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2013;19(1):1–8. DOI: 10.1310/sci1901-1
- Park D.H., Lee J.H., Borlongan C.V. et al. Transplantation of umbilical cord blood stem cells for treating spinal cord injury. *Stem Cell Rev Rep* 2011;7(1):181–94. DOI: 10.1007/s12015-010-9163-0
- Silva N.A., Sousa N., Reis R.L., Salgado A.J. From basics to clinical: a comprehensive review on spinal cord injury. *Prog Neurobiol* 2014;114:25–57. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2013.11.002
- Смирнов В.А., Гринь А.А., Крылов В.В. Регенеративные методы лечения травмы спинного мозга. Обзор литературы. Часть 1. *Нейрохирургия* 2019;21(2):66–75. DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-2-66-75
- Smirnov V.A., Grin A.A., Krylov V.V. Regenerative methods of treatment of spinal cord injury. Literature review. Part 1. *Neirokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;21(2):66–75. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-2-66-75
- Hechler D., Nitsch R., Hendrix S. Green-fluorescent-protein-expressing mice as models for the study of axonal growth and regeneration *in vitro*. *Brain Res Rev* 2006;52(1):160–9. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2006.01.005
- Önger M.E., Delibaş B., Türkmen A.P. et al. The role of growth factors in nerve regeneration. *Drug Discov Ther* 2017;10(6):285–91. DOI: 10.5582/ddt.2016.01058
- Thomson C.E., Hunter A.M., Griffiths I.R. et al. Murine spinal cord explants: a model for evaluating axonal growth and myelination *in vitro*. *J Neurosci Res* 2006;84(8):1703–15. DOI: 10.1002/jnr.21084
- Auerbach A.D., Liu Q., Ghosh R. et al. Prenatal identification of potential donors for umbilical cord blood transplantation for Fanconi anemia. *Transfusion* 1990;30(8):682–7. DOI: 10.1046/j.1537-2995.1990.30891020324.x
- Beattie M.S., Hermann G.E., Rogers R.C., Bresnahan J.C. Cell death in models of spinal cord injury. *Prog Brain Res* 2002;137:37–47. DOI: 10.1016/s0079-6123(02)37006-7
- Hall E.D., Springer J.E. Neuroprotection and acute spinal cord injury: a reappraisal. *NeuroRx* 2004;1(1):80–100. DOI: 10.1602/neurorx.1.1.80
- Gris P., Tighe A., Levin D. et al. Transcriptional regulation of scar gene expression in primary astrocytes. *Glia* 2007;55(11):1145–55. DOI: 10.1002/glia.20537
- Dougherty K.J., Hochman S. Spinal cord injury causes plasticity in a subpopulation of lamina I GABAergic interneurons. *J Neurophysiol* 2008;100(1):212–23. DOI: 10.1152/jn.01104.2007
- Stab wounds of the spinal cord. *Br Med J* 1978;1(6120):1093–4.
- Manzone P., Domenech V., Forlino D. Stab injury of the spinal cord surgically treated. *J Spinal Disord* 2001;14(3):264–7. DOI: 10.1097/00002517-200106000-00014
- Dlouhy B.J., Dahdaleh N.S., Howard M.A. 3rd. Radiographic and intraoperative imaging of a hemisection of the spinal cord resulting in a pure brown-séquard syndrome: case report and review of the literature. *J Neurosurg Sci* 2013;57(1):81–6.
- Canavero S. The “Gemini” spinal cord fusion protocol: reloaded. *Surg Neurol Int* 2015;6:18. DOI: 10.4103/2152-7806.150674
- Акшулаков С.К., Керимбаев Т.Т., Алейников В.Г. Обзор методов восстановления проводимости травмированного участка спинного мозга сочетанием комбинированных путей восстановления поврежденного участка и стимуляции регенерации аксонов. *Нейрохирургия и неврология Казахстана* 2015;3(40):40–4.
- Akshulakov S.K., Kerimbaev T.T., Aleinikov V.G. A review of methods for restoring the conduction of an injured area of the spinal cord by a combination of combined ways of restoring the

- damaged area and stimulating axon regeneration. *Neirokhirurgiya i nevrologiya Kazakhstana = Neurosurgery and Neurology of Kazakhstan* 2015;3(40):40–4. (In Russ.).
26. Аганесов А.Г. Хирургическое лечение осложненной травмы позвоночника — прошлое и настоящее. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2013;1:5–12. Aganesov A.G. The future and the past of surgery for the complicated spine trauma. *Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova = Pirogov Russian Journal of Surgery* 2013;1:5–12. (In Russ.).
 27. Sledge J., Graham W.A., Westmoreland S. et al. Spinal cord injury models in non human primates: are lesions created by sharp instruments relevant to human injuries? *Med Hypotheses* 2013;81(4):747–8. DOI: 10.1016/j.mehy.2013.07.040
 28. Гринь А.А., Кордонский А.Ю., Львов И.С. и др. Фактор времени в хирургии позвоночно-спинальной травмы (обзор литературы). *Нейрохирургия* 2018;20(3):81–90. DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-81-90 Grin A.A., Kordonskiy A.Yu., L'vov I.S. et al. The timing in surgery of spinal trauma (a review). *Neirokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(3):81–90. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-81-90
 29. Yoshida Y., Kataoka H., Kanchiku T. et al. Transection method for shortening the rat spine and spinal cord. *Exp Ther Med* 2013;5(2):384–8. DOI: 10.3892/etm.2012.841
 30. Assinck P., Duncan G.J., Hilton B.J. et al. Cell transplantation therapy for spinal cord injury. *Nat Neurosci* 2017;20(5):637–47. DOI: 10.1038/nn.4541
 31. Dalamagkas K., Tsintou M., Seifalian A., Seifalian A.M. Translational regenerative therapies for chronic spinal cord injury. *Int J Mol Sci* 2018;19(6):1776. DOI: 10.3390/ijms19061776
 32. Donovan J., Kirshblum S. Clinical trials in traumatic spinal cord injury. *Neurotherapeutics* 2018;15(3):654–68. DOI: 10.1007/s13311-018-0632-5
 33. David S., Aguayo A.J. Axonal elongation into peripheral nervous system “bridges” after central nervous system injury in adult rats. *Science* 1981;214(4523):931–3. DOI: 10.1126/science.6171034
 34. Tabakow P., Raisman G., Fortuna W. et al. Functional regeneration of supraspinal connections in a patient with transected spinal cord following transplantation of bulbar olfactory ensheathing cells with peripheral nerve bridging. *Cell Transplant* 2014;23(12):1631–55. DOI: 10.3727/096368914X685131
 35. Fitch M.T., Silver J. CNS injury, glial scars, and inflammation: inhibitory extracellular matrices and regeneration failure. *Exp Neurol* 2008;209(2):294–301. DOI: 10.1016/j.expneurol.2007.05.014
 36. Moore D.L., Blackmore M.G., Hu Y. et al. KLF family members regulate intrinsic axon regeneration ability. *Science* 2009;326(5950):298–301. DOI: 10.1126/science.1175737
 37. Ankeny D.P., McTigue D.M., Jakeman L.B. Bone marrow transplants provide tissue protection and directional guidance for axons after contusive spinal cord injury in rats. *Exp Neurol* 2004;190(1):17–31. DOI: 10.1016/j.expneurol.2004.05.045
 38. Большаков И.Н., Кривопалов В.А., Каптюк Г.И. и др. Трансплантация клеточной полисахаридной подложки при частичном спинальном разрыве у крыс. *Фундаментальные исследования* 2012;2:31–4. Bolshakov I.N., Krivopalov V.A., Kaptyuk G.I. et al. Transplantation of a cellular polysaccharide scaffold for partial spinal rupture in rats. *Fundamentalnyye issledovaniya = Fundamental Research* 2012;2:31–4. (In Russ.).
 39. Смирнов В.А., Гринь А.А. Регенеративные методы лечения травмы спинного мозга. Обзор литературы. Часть 4. *Нейрохирургия* 2020;22(1):83–92. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-83-92 Smirnov V.A., Grin A.A. Regenerative treatment of spinal cord injury. Literature review. Part 4. *Neirokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2020;22(1):83–92. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-83-92
 40. Gage F.H., Temple S. Neural stem cells: generating and regenerating the brain. *Neuron* 2013;80(3):588–601. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.10.037
 41. Kouhzaei S., Rad I., Mousavidoust S., Mobasheri H. Protective effect of low molecular weight polyethylene glycol on the repair of experimentally damaged neural membranes in rat's spinal cord. *Neurol Res* 2013;35(4):415–23. DOI: 10.1179/1743132812Y.0000000133
 42. Lu X., Perera T.H., Aria A.B., Callahan L.A.S. Polyethylene glycol in spinal cord injury repair: a critical review. *J Exp Pharmacol* 2018;10:37–49. DOI: 10.2147/JEP.S148944
 43. Kim C.Y., Sikkema W.K.A., Kim J. et al. Effect of Graphene Nanoribbons (TexasPEG) on locomotor function recovery in a rat model of lumbar spinal cord transection. *Neural Regen Res* 2018;13(8):1440–6. DOI: 10.4103/1673-5374.235301
 44. Ren S., Liu Z.H., Wu Q. et al. Polyethylene glycol-induced motor recovery after total spinal transection in rats. *CNS Neurosci Ther* 2017;23(8):680–5. DOI: 10.1111/cns.12713
 45. Sretavan D.W., Chang W., Hawkes E. et al. Microscale surgery on single axons. *Neurosurgery* 2005;57(4):635–46; discussion 635–46.
 46. Canavero S., Ren X., Kim C.Y. Reconstructing the severed spinal cord. *Surg Neurol Int* 2017;8:285. DOI: 10.4103/sni.sni_406_17
 47. Canavero S., Ren X. Advancing the technology for head transplants: from immunology to peripheral nerve fusion. *Surg Neurol Int* 2019;10:240. DOI: 10.25259/SNI_495_2019
 48. Canavero S. HEAVEN: The head anastomosis venture Project outline for the first human head transplantation with spinal linkage (GEMINI). *Surg Neurol Int* 2013;4(Suppl 1):S335–42. DOI: 10.4103/2152-7806.113444
 49. Cho Y., Borgens R.B. Polymer and nano-technology applications for repair and reconstruction of the central nervous system. *Exp Neurol* 2012;233(1):126–44. DOI: 10.1016/j.expneurol.2011.09.028
 50. Gao W., Li J., Cirillo J. et al. Action at a distance: functional drug delivery using electromagnetic-field-responsive polypyrrole nanowires. *Langmuir* 2014;30(26):7778–88. DOI: 10.1021/la500033b
 51. Kim C.Y., Sikkema W.K., Hwang I.K. et al. Spinal cord fusion with PEG-GNRs (TexasPEG): neurophysiological recovery in 24 hours in rats. *Surg Neurol Int* 2016;7(Suppl 24):S632–6. DOI: 10.4103/2152-7806.190475
 52. Neht A., Hamann K., Ouyang H., Shi R. Polyethylene glycol enhances axolemmal resealing following transection in cultured cells and in ex vivo spinal cord. *J Neurotrauma* 2010;27(1):151–61. DOI: 10.1089/neu.2009.0993
 53. Bamba R., Riley D.C., Kelm N.D. et al. A novel technique using hydrophilic polymers to promote axonal fusion. *Neural Regen Res* 2016;11(4):525–8. DOI: 10.4103/1673-5374.180724
 54. Bittner G.D., Rokkaappanavar K.K., Peduzzi J.D. Application and implications of polyethylene glycol-fusion as a novel technology to repair injured spinal cords. *Neural Regen Res* 2015;10(9):1406–8. DOI: 10.4103/1673-5374.162772
 55. Kerschensteiner M., Schwab M., Lichtman J., Misgeld T. In vivo imaging of axonal degeneration and regeneration in the injured spinal cord. *Nat Med* 2005;11(5):572–7. DOI: 10.1038/nm1229
 56. Ren S., Liu Z., Kim C.Y. et al. Reconstruction of the spinal cord of spinal transected dogs with polyethylene glycol. *Surg Neurol Int* 2019;10:50. DOI: 10.25259/SNI-73-2019
 57. Kim C.Y. PEG-assisted reconstruction of the cervical spinal cord in rats: effects on motor conduction at 1 h. *Spinal Cord* 2016;54(10):910–2. DOI: 10.1038/sc.2016.72
 58. Nishio T., Fujiwara H., Kanno I. Immediate elimination of injured white matter tissue achieves a rapid axonal growth across the severed spinal cord in adult rats. *Neurosci Res* 2018;131:19–29. DOI: 10.1016/j.neures.2017.10.011
 59. Yildirim F.B., Sarikcioglu L., Marie Jean Pierre Flourens (1794–1867): an extraordinary scientist of his time. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78(8):852. DOI: 10.1136/jnnp.2007.118380

Вклад авторов

М.В. Лебенштейн-Гумовски: анализ данных литературы по теме статьи, написание текста статьи, подготовка иллюстраций;
А.А. Гринь: научное редактирование текста статьи.

Authors' contributions

M.V. Lebenstein-Gumovski: analysis of literature data on the topic of the article, article writing, preparing of illustrations;
A.A. Grin: scientific editing of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

М.В. Лебенштейн-Гумовски / M.V. Lebenstein-Gumovski: <https://orcid.org/0000-0002-9413-3167>

А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 25.01.2023. **Принята к публикации:** 25.01.2024.

Article submitted: 25.01.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-91-99>

ОСТРАЯ БОЛЬ В СПИНЕ: КЛИНИЧЕСКАЯ И РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА. РЕКОМЕНДАЦИИ СПИНАЛЬНОГО КОМИТЕТА WFNS

А.О. Гуша, А.Р. Юсупова, Р.А. Картавых

ФГБНУ «Научный центр неврологии»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80

Контакты: Артем Олегович Гуша agou@endospine.ru

Цель обзора – сформулировать перечень рекомендаций спинального комитета Международной федерации нейрохирургических обществ (World Federation of Neurosurgical Societies, WFNS) по клинической и рентгенологической диагностике острой боли в спине.

Материалы и методы. Проведен систематический поиск литературы в базах данных PubMed и Google Scholar за период с 2012 по 2022 г. с использованием ключевых слов: «острая боль в спине И клиническая диагностика» и «острая боль в спине И рентгенологическая диагностика» (“acute back pain AND clinical diagnosis” и “acute back pain AND radiologic diagnosis”). Было проанализировано 97 статей, и спинальным комитетом WFNS было организовано 2 консенсусных совещания, чтобы сформулировать конкретные рекомендации. Первое совещание проходило в мае 2022 г. в Карачи (Пакистан), второе – в рамках 6-го конгресса Ближневосточного общества спинальных хирургов в сентябре 2022 г. в Стамбуле (Турция). На обоих совещаниях использовали метод Дельфи для голосования по предварительным утверждениям по результатам обзора литературы, опирающимся на уровни доказательности, с целью выработки рекомендаций путем голосования.

Результаты и обсуждение. На рассмотрение WFNS были представлены 10 утверждений. Были указаны клинические характеристики, позволяющие отличить острую боль в спине от хронической. Отмечена тенденция к инструментальной гипердиагностике боли в спине, однако установлено, что рутинная нейровизуализация при острой боли в спине не приносит клинической пользы, более того, она может иметь негативный эффект.

Выводы. Острая боль в спине является состоянием, трудно диагностируемым клинически и рентгенологически. Пациенту с впервые возникшей острой болью в спине при отсутствии «красных флагов» не показаны рентгенологические исследования. Существуют точные показания для той или иной модальности рентгенологического исследования. «Золотым стандартом» диагностики является магнитно-резонансная томография, что подтверждено высококачественными исследованиями.

Ключевые слова: дискогенная боль, фасеточный болевой синдром, миофасциальная боль, синдром крестцово-подвздошного сочленения, нейровизуализация при острой боли в спине, «красные флаги» при боли в спине

Для цитирования: Гуша А.О., Юсупова А.Р., Картавых Р.А. Острая боль в спине: клиническая и рентгенологическая диагностика. Рекомендации спинального комитета WFNS. Нейрохирургия 2024;26(2):91–9.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-91-99>

Acute back pain: clinical and radiological diagnosis. Guidelines of the WFNS Spine Committee

A.O. Gushcha, A.R. Yusupova, R.A. Kartavykh

Research Center of Neurology; 80 Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia

Contacts: Artem Olegovich Gushcha agou@endospine.ru

Aim. To propose the list of guidelines of the World Federation of Neurosurgical Societies (WFNS) Spine Committee on clinical and radiological diagnosis of acute back pain.

Materials and methods. Systematic literature search in the PubMed and Google Scholar databases between 2012 and 2022 using keywords “acute back pain AND clinical diagnosis” and “acute back pain AND radiologic diagnosis” was performed. In total, 97 articles were analyzed, and the WFNS Spine Committee organized 2 consensus meetings to propose specific guidelines. The first meeting took place in May of 2022 in Karachi (Pakistan), the second during the Congress of the Middle East Spine Society in September of 2022 in Istanbul (Turkey). To formulate the guidelines, both

meetings used the Delphi method of voting on the preliminary statements proposed based on the evidence level-stratified literature search.

Results and discussion. In total, 10 statements were put to vote. Clinical characteristics allowing to distinguish between acute and chronic pain were indicated. A trend towards instrumental hyperdiagnosis of back pain was observed but routine neuroimaging does not have clinical benefit in acute back pain, it can even have a negative effect.

Conclusion. Acute back pain is hard to diagnose both clinically and radiologically. A patient with primary acute back pain should not be prescribed radiological exams in the absence of "red flags". There are specific indications for specific radiological exams. The gold standard of diagnosis is magnetic resonance imaging which is confirmed by high-quality studies.

Keywords: discogenic pain, facet joint syndrome, myofascial pain, sacroiliac joint syndrome, neuroimaging in acute back pain, "red flags" in back pain

For citation: Gushcha A.O., Yusupova A.R., Kartavykh R.A. Acute back pain: clinical and radiological diagnosis. Guidelines of the WFNS Spine Committee. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):91–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-91-99>

ВВЕДЕНИЕ

Боль в нижней части спины — чрезвычайно частый и неспецифический симптом. В основном этот симптом встречается у взрослого и пожилого населения; его распространенность составляет примерно 84–85 % [1, 2]. Боль в нижней части спины подразделяют на острую (длится от нескольких дней до 4 нед), подострую (продолжительностью 4–12 нед) и хроническую (>12 недель). По данным Института улучшения клинических систем (Institute for Clinical Systems Improvement, ICSI), примерно у 20 % пациентов с острой болью в спине боль переходит в хроническую [3, 4].

Клиническая диагностика очень важна при острой боли в спине. Считается, что в 85–90 % случаев боль является неспецифической, но в остальных 10–15 % случаев пациенты могут иметь неврологический дефицит (из-за компрессии нервных структур при стенозе позвоночного канала) или другое основное заболевание (например, онкологическое или перелом) [5–10]. Существовавшее на протяжении десятилетий традиционное представление о том, что этиология неспецифической боли в спине неизвестна, было ошибочным [1]. В большинстве случаев у боли в нижней части спины есть конкретный источник, этим источником могут быть, например, межпозвонковые диски, фасеточные и крестцово-подвздошные суставы (сочленения) (КПС), кости, мягкие ткани. Диагностика боли в нижней части спины — сложная задача, однако все подтипы боли имеют свои характерные особенности и оптимальные стратегии лечения. Правильная клиническая диагностика является ключом к успеху в ведении таких пациентов [1, 11, 12]. Нейровизуализационную диагностику (рентгенографию, компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ)) необязательно проводить всем пациентам, эти исследования необходимо выполнять только при наличии неврологического дефицита. При отсутствии так называемых «красных флагов» нейровизуализация не требуется и приводит только к нарастанию тревожности и беспокойства у пациента [13–15].

С целью достижения консенсуса по данным вопросам и утверждения общепринятых рекомендаций спинальный комитет Международной федерации нейрохирургических обществ (World Federation of Neurosurgical Societies, WFNS) организовал консенсусные совещания по лечению острой боли в спине. В данной статье мы представляем принятые WFNS рекомендации.

Спинальный комитет WFNS инициировал мероприятия по разработке рекомендаций по профилактике, клинической и рентгенологической диагностике, консервативному и хирургическому лечению, а также реабилитации при различных заболеваниях позвоночника на основе опубликованных данных. Международные рекомендации разработаны для нейрохирургов и спинальных хирургов, особенно для специалистов стран с низким и средним уровнем дохода. Уже существуют клинические рекомендации по клинической и рентгенологической диагностике дегенеративных поражений позвоночника. Нашей целью было обновить текущие рекомендации на основе анализа современной литературы. У нас не было цели изобрести что-то новое, мы хотели суммировать имеющуюся информацию и предоставить открытый доступ к данным рекомендациям, в том числе для ординаторов и молодых нейрохирургов по всему миру.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Систематический обзор и метаанализ были проведены в соответствии с требованиями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, предпочтительные сообщения о результатах исследований для систематических обзоров и мета-анализов) и методами, рекомендованными Кокрейновским руководством по систематическим обзорам вмешательств.

Поиск литературы осуществляли в базах данных PubMed и Google Scholar за период с 2012 по 2022 г. Оценку качества и используемых клинических критериев проводили в соответствии с требованиями Агентства

исследований и оценки качества медицинского обслуживания для диагностических исследований и обсервационных исследований. Уровни доказательности (I–IV) определяли на основе оценки качества доказательных данных, разработанной Американской рабочей группой по профилактическим мероприятиям. Степень достоверности доказательств оценивали как слабую, умеренную или высокую.

Поиск проводили по следующим ключевым словам: «острая боль в спине И клиническая диагностика», «острая боль в спине И рентгенологическая диагностика» (“acute back pain AND clinical diagnosis”, “acute back pain AND radiologic diagnosis”). Было найдено 266 исследований в Google Scholar и 1398 – в PubMed. Из результатов поиска были исключены дублирующиеся статьи, статьи не на английском языке и нерелевантные статьи. Результаты поиска включали клинические случаи, серии случаев, проспективные и ретроспективные исследования, рандомизированные исследования, систематические обзоры и метаанализы. В итоге число статей сократилось до 239. После прочтения абстрактов для обзора были отобраны 97 статей (рис. 1).

В соответствии с выбранной темой обзора были сформулированы ответы на следующие вопросы:

- Какие клинические состояния могут вызывать острую боль в спине?
- Как дифференцировать различные причины острой боли в спине?
- Когда следует проводить нейровизуализацию в случае острой боли в спине?

- Какую модальность следует выбрать? Каковы показания для рентгенографии, КТ и МРТ? Когда необходима рентгенография с функциональными пробами (сгибание/разгибание)?
- Какова корреляция между методом визуализации и клинически проявляющейся острой болью в спине?

Затем результаты поиска данных литературы были обсуждены на 2 консенсусных совещаниях членов спинального комитета WFNS. Первое консенсусное совещание проходило в Карачи (Пакистан) 14 мая 2022 г., второе – в Стамбуле (Турция) 25 сентября 2022 г. в рамках 6-го конгресса Ближневосточного общества спинальных хирургов.

Спинальный комитет WFNS – группа опытных, известных нейрохирургов со всего мира, специализирующихся на спинальной хирургии. В ходе обеих встреч были обсуждены предлагаемые утверждения и проведено голосование по выработке рекомендаций. Голосование проводилось анонимно с помощью Google voting по мобильным телефонам.

На обоих совещаниях использовали метод Дельфи для оценки предлагаемых утверждений, сформулированных на основании проведенного обзора имеющихся на данный момент рекомендаций в литературе. Целью совещаний был анализ предварительно составленного опросника из предлагаемых утверждений для выработки рекомендаций в ходе всестороннего голосования. Каждому участнику был выдан список утверждений, которые обсудили на 1-й встрече. После предварительного

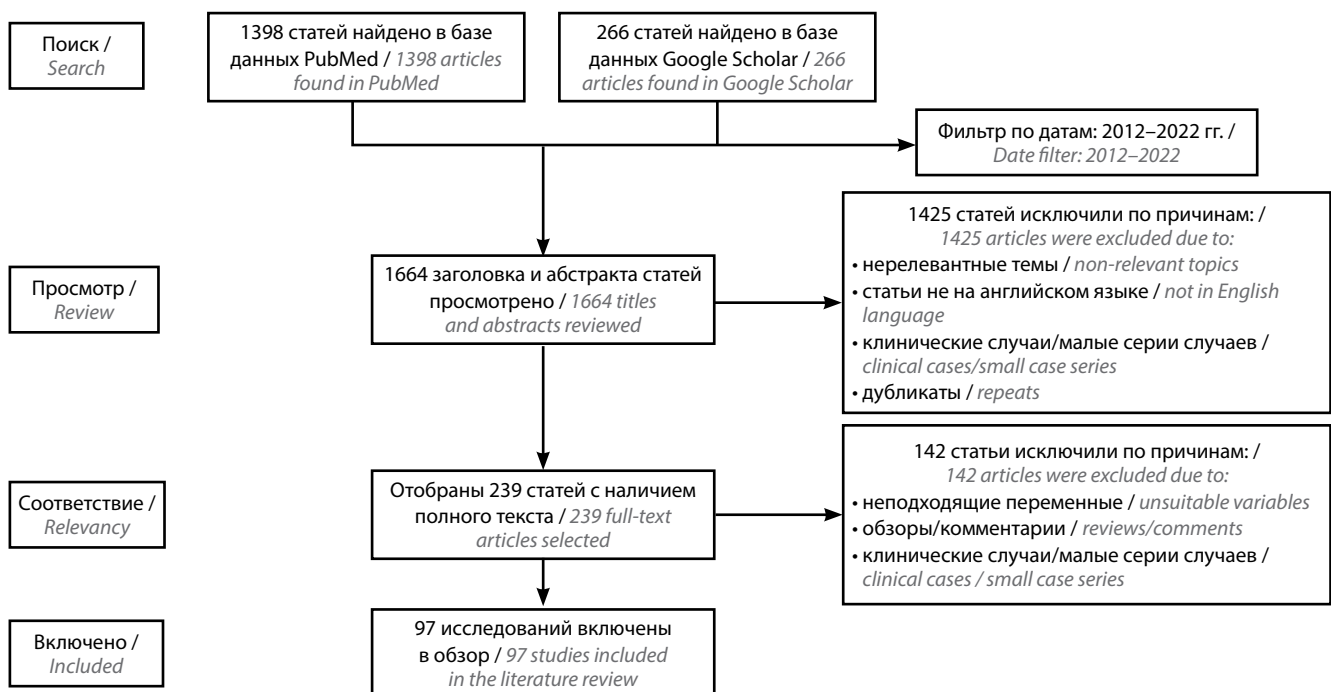


Рис. 1. Блок-схема поиска литературы по клинической диагностике острой боли в спине

Fig. 1. Flow map of literature search on clinical diagnosis of acute back pain

голосования некоторые утверждения были исключены из-за недостаточной доказательной базы. На окончательное рассмотрение было представлено 10 утверждений. На 2-м совещании провели голосование. Чтобы достичь консенсуса, использовали шкалу Лайкерта для определения степени согласия или несогласия с каждым утверждением, которая предполагает оценку в баллах от 1 до 5 (1 — полностью согласен, 2 — согласен, 3 — отчасти согласен, 4 — не согласен, 5 — категорически не согласен). Результаты представили в виде процентов от числа проголосовавших респондентов.

Считалось, что консенсус достигнут, если количество респондентов, выразивших согласие либо, соответственно, несогласие с утверждением, составляло $\geq 66\%$. Консенсус по согласию считали достигнутым, если количество респондентов, оценивших свою позицию в баллах от 1 до 3, составляло $>66\%$, а консенсус по несогласию — если более $>66\%$ респондентов поставили баллы 4 и 5.

Для каждого утверждения определяли уровень доказательности, оценку рекомендаций комитетом и степень консенсуса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературы и разработка рекомендаций

Анализируя отобранную литературу, мы разделили статьи на 2 основные группы: посвященные клинической и рентгенологической диагностике.

При постановке клинического диагноза острой боли в спине основным вопросом является определение этиологии боли. Наиболее распространенными видами боли в спине являются дискогенная боль, фасеточный болевой синдром, синдром КПС и миофасциальная боль. Все эти виды боли объединяют под общим названием «неспецифическая боль в спине», на которую приходится 85–90 % случаев острой боли в спине.

Наиболее важный этап диагностики острой боли в спине — принятие решения о необходимости проведения рентгенологического исследования, определение сроков его проведения и выбор модальности.

На основе наиболее значимых данных литературы были сформулированы утверждения, которые приведены в табл. 1 [16–20]. Все представленные утверждения были выбраны на обоих совещаниях спинального комитета WFNS, что подробно описано далее.

Утверждения, по которым комитет проголосовал положительно и которые были преобразованы в рекомендации, приведены в приложении.

Диагноз «острая боль в спине» все еще остается предметом дискуссий. Существует ряд клинических паттернов, позволяющих определять точную причину болевого синдрома. Для постановки окончательного диагноза необходимы конкретные специфические данные физикального осмотра [19]. Принимая во внимание постоянное прогрессирование дегенеративных

Таблица 1. Наиболее значимые публикации за период с 2015 по 2022 г. по клинической и рентгенологической диагностике острой боли в спине
Table 1. The most important articles for the period from 2015 to 2022 on clinical and radiological diagnosis of acute back pain

Исследование Study	Рассматриваемые темы Considered topic	Выборка Sample	Результаты Results
A. P. Verhagen и соавт., 2016 [16] A. P. Verhagen et al., 2016 [16]	«Красные флаги» “Red flags”	16 клинических рекомендаций 16 clinical guidelines	Отсутствие доказательств точности рекомендованных «красных флагов» в анализируемых исследованиях Absence of the proof of accuracy of the recommended “red flags” in the analyzed studies
J. H. Kim и соавт., 2018 [17] J. H. Kim et al., 2018 [17]	Диагностическая нейровизуализация Diagnostic neuroimaging	14 исследований 14 studies	Умеренная диагностическая точность для всех модальностей Moderate diagnostic accuracy of all techniques
J. Raastad и соавт., 2015 [18] J. Raastad et al., 2015 [18]	Рентгенологические характеристики нижней части спины Radiologic characteristics of the lower back	28 исследований 28 studies	Значительная связь между снижением высоты межпозвонкового диска и спондилолистезом и болью в нижней части спины Significant correlation between decreased height of the intervertebral disk and spondylolisthesis and lower back pain
H. Suzuki и соавт., 2016 [19] H. Suzuki et al., (2016) [19]	Клинический диагноз боли в нижней части спины Clinical diagnosis of lower back pain	320 пациентов 320 patients	В Японии в 78 % встречается «специфическая» боль в спине (в отличие от других стран) In Japan, incidence of “specific” back pain is 78 % (in contrast to other countries)
S. D. Tagliaferri и соавт., 2022 [20] S. D. Tagliaferri et al., 2022 [20]	Классификация подходов к лечению боли в нижней части спины Classification of approaches to lower back pain treatment	24 + 34 исследования 24 + 34 studies	Система классификации не учитывает исходы лечения боли в нижней части спины Classification systems do not take into account the outcomes of lower back pain treatment

Таблица 2. Наиболее распространенные причины острой боли в спине
Table 2. The most common causes of acute back pain

Тип боли Type of pain	Клинические данные Clinical data
Дискогенная боль Discogenic pain	Аксиальная боль, усиливается при сгибании, уменьшается в положении лежа Axial pain, increased during bending, decreased laying down
Фасеточный болевой синдром Facet joint syndrome	Усиливается при разгибании Increased during straightening
Синдром крестцово-подвздошного сочленения Sacroiliac joint syndrome	Как минимум 3 положительных провокационных теста и уменьшение боли после блокады At a minimum 3 positive provocation tests and decreased pain after blockage
Миофасциальная боль Myofascial pain	Триггерные точки на спине с гиперестезией, боль усиливается при пальпации Trigger points on the back with hyperesthesia, pain increased during palpation

поражений позвоночника, недостаток физической активности, можно понять, почему неспецифическая боль в спине — довольно распространенное явление. В табл. 2 представлены наиболее часто встречающиеся причины (типы) острой боли в спине.

Виды клинических диагнозов, выставляемых по симптомам и данным клинико-неврологического обследования

Дискогенная боль. Источник боли — межпозвоночный диск. По мере прогрессирования дегенеративного процесса происходит дегидратация межпозвоночного диска, он теряет питательные вещества, что приводит к раздражению нервных окончаний и аксиальному болевому синдрому. Типичными жалобами являются локальная боль в нижней части спины с минимальной иррадиацией; если есть иррадиация, то это обычно боль в ягодичной области или бедрах. Эту боль описывают как глубокую и тупую ломоту. Боль уменьшается в положении стоя, лежа и при разгибании. Обычно боль усиливается в положении сидя, во время вождения, при сгибании, скручивании, маневре Вальсальвы и кашле.

Частота дискогенной боли выше у пациентов с ожирением и курильщиков [21].

Фасеточный болевой синдром. В этом случае источник боли связан со стадийностью дегенеративного процесса в позвоночнике. Фасеточные суставы принимают на себя нагрузку, что приводит к спондилоартрозу и местному воспалению с болевым синдромом. Пациенты с фасеточным болевым синдромом жалуются на скованность в пояснице, более выраженную по утрам, усиливающуюся при вставании с постели или попытке встать после длительного сидения. Эту

боль описывают как глубокое и ноющее ощущение с односторонним или двусторонним распространением. Иногда отмечается иррадиация в ягодичную область с 1 или 2 сторон, пах и/или бедра, но боль не спускается ниже колена. Среди факторов, усиливающих фасеточную боль, выделяют психосоциальный стресс, чрезмерную или недостаточную физическую активность, разгибание в поясничном отделе с ротацией или без нее, долгое пребывание в положении стоя или сидя. При физикальном осмотре боль провоцируется при разгибании, боковом сгибании и пальпации в проекции фасеточных суставов.

Считается, что несколько факторов коррелируют с фасеточным болевым синдромом: возраст, боль в нижней части спины в анамнезе, нормальная походка, максимально интенсивная боль при сгибании поясничного отдела, но отсутствие усиления боли при маневре Вальсальвы, а также отсутствие боли в ногах или мышечного спазма [22, 23].

Синдром КПС. Причиной синдрома КПС может быть несколько системных или местных факторов, поэтому тщательный анализ клинических симптомов и сбор анамнеза очень важны у всех пациентов с подозрением на дисфункцию КПС. Боль в КПС может быть связана с травмой, инфекцией или воспалительным процессом; она также может быть вызвана вторичными состояниями, например возникать после стабилизирующей операции на позвоночнике, при сколиозе или разной длине ног [24].

Боль в КПС обычно возникает в нижней части спины или верхней ягодичной области в проекции КПС. И хотя единого мнения относительно провокационных тестов нет, диагноз синдрома КПС ставят при наличии 3 и более положительных провокационных тестов.

Существует несколько провокационных тестов для диагностики синдрома КПС:

- тест Фабера (Патрика) — надежность 85–95 %;
- компрессионный тест — надежность 74–91 %;
- дистракционный тест — надежность 88–94 %;
- тест упругости бедра;
- тест Генслена.

Миофасциальная боль. Миофасциальная боль характеризуется наличием миофасциальных триггерных точек, которые находятся в фасциях, сухожилиях и/или мышцах, — при их пальпации возникает боль, что имеет клиническое значение.

Пальпация триггерных точек вызывает интенсивный болевой синдром. Миофасциальная боль провоцируется сгибанием вперед. Объем движений в поясничном отделе позвоночника также снижается [25–27].

Рентгенологическая диагностика

Считается, что нейровизуализация не должна быть рутинным методом диагностики при острой боли в спине.

«Красные флаги» при боли в спине. Сбор анамнеза у пациентов с острой болью в спине очень важен, чтобы выявить «красные флаги». Они включают возраст (<18 или >50 лет), принимаемые лекарственные препараты (в том числе антикоагулянты), травму (в том числе недавнее хирургическое вмешательство), лихорадку (что может говорить об инфекции), иммуносупрессию, онкологическое заболевание в анамнезе, наличие неврологического дефицита (двигательные, чувствительные или тазовые нарушения) (рис. 2).

А. Р. Verhagen и соавт. проанализировали 16 исследований о клинических рекомендациях при болях в нижней части спины для амбулаторного звена за период с 2000 по 2015 г. (15 исследований из разных стран мира и одно в целом по Европе). В ходе анализа литературы были выявлены 4 основные категории состояний, которые могут быть причиной боли: онкологическое заболевание, перелом, синдром конского хвоста и инфекционный процесс. В силу различных причин (увеличение продолжительности жизни, повышение распространенности онкологических заболеваний) количество пациентов с «красными флагами», например пожилых пациентов с остеопорозом, онкологических пациентов и пациентов со спондилодисцитами, увеличивается [16].

Наличие «красных флагов» при острой боли в спине заставляет обратить внимание на возможное наличие серьезного заболевания и предполагает дальнейшее обследование пациента (проведение нейровизуализации и консультацию смежного специалиста) [9, 28, 29]. Стоит отметить, что наличие «красных флагов» может быть жизнеугрожающим состоянием, и в некоторых случаях (острый инфекционный процесс с прогрессированием неврологического дефицита, компрессионный перелом с коллапсом тела позвонка вследствие прогрессирующего остеопороза) показано проведение нейровизуализации в срочном порядке для своевременной диагностики состояния и проведения лечения.

Выбор модальности рентгенологического исследования. Рентгенография или КТ показаны при подозрении на перелом, опухоль или инфекцию.

Рентгенографию с функциональными пробами назначают при подозрении на нестабильность или спондилолистез [30, 31].

Магнитно-резонансная томография является дорогостоящим методом, поэтому назначается только при наличии неврологического дефицита. МРТ — «золотой стандарт» для диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний — грыж межпозвонковых дисков, кист фасеточных суставов, дегенеративного стеноза позвоночного канала (центрального или стеноза латерального кармана) [18, 32–34].

Однако если у пациента имплантированы несовместимые с МРТ-исследованием эндопротез или устройство, то методом выбора для диагностики будет КТ или КТ-миелография.

Точность диагностики. Следует выбирать модальность исследования в зависимости от клинической ситуации. Нет исследований, в которых оценивалась бы диагностическая точность методов нейровизуализации [17]. Основная цель — избежать ненужного облучения и снизить экономические затраты. Кроме того, рентгенологический диагноз не влияет на естественное течение заболевания, в том числе на выраженность болевого синдрома, изменения функционального статуса, качество жизни и общее улучшение исхода лечения пациента. Также выполнение нейровизуализации крайне редко приводит к изменению плана лечения [35–38]. Напротив, может оказывать негативное психологическое влияние на пациента. Знание о клинически незначимых рентгенологических находках может повышать уровень тревожности пациента, приводить к акцентированию на незначительных симптомах, к снижению уровня физической активности из-за страха получить осложнение или травму. Эти

«Красные флаги» при боли в спине / "Red flags" in back pain

Возможный перелом / Possible fracture

- Травма / Injury
- Перелом при остеопорозе или у пожилых / Fracture due to osteoporosis in elderly

Возможное новообразование/инфекция / Possible neoplasms/infection

- Возраст <18 или >50 лет / Age <18 or >50 years
- Принимаемые лекарственные препараты / Administered drugs
- Лихорадка / Fever
- Онкологическое заболевание в анамнезе / History of oncological disease
- Недавняя инфекция / Recent infection
- Иммуносупрессия / Immunosuppression
- Боль усиливается по ночам и в положении лежа / Pain is more severe at night or laying down

Неврологический дефицит / Neurologic deficit

- Двигательные или чувствительные расстройства / Motor or sensory abnormalities
- Нарушение тазовых функций / Abnormal pelvic function

Рис. 2. «Красные флаги» при боли в спине

Fig. 2. "Red flags" in back pain

психологические факторы могут приводить к так называемым «желтым флагам»:

- убеждению, что боль в спине опасна;
- недостатку физической активности, попыткам избежать боли;
- недостатку социальной поддержки;
- пассивному лечению, избеганию активного вовлечения в процесс реабилитации;
- снижению социальных контактов;
- снижению настроения, депрессии;
- поиску скрытых вторичных выгод в своем состоянии;
- низкой удовлетворенности от работы, финансовым затруднениям;
- гиперопекающей семье.

ВЫВОДЫ

Острая боль в спине, несмотря на кажущуюся простоту, является состоянием, трудно диагностируемым

клинически и рентгенологически. Понятие неспецифической боли в спине не столь очевидно и может иметь различную этиологию и лежащие в основе патофизиологические процессы. Как только мы узнаем точную причину, мы можем лечить заболевание более прецизионно. В целом имеются убедительные доказательства высокой распространенности неспецифической боли в спине в западных странах. Пациенты с впервые возникшей острой болью в спине при отсутствии «красных флагов» не показаны рентгенологические исследования.

Существуют точные показания для той или иной модальности рентгенологического исследования. МРТ — «золотой стандарт» диагностики, что подтверждено высококачественными исследованиями. Не рекомендуется рутинно проводить нейровизуализацию, поскольку при невысокой клинической значимости получаемых данных она может приводить к повышению тревожности у пациентов.

Приложение

РЕКОМЕНДАЦИИ СПИНАЛЬНОГО КОМИТЕТА WFNS

Основываясь на представленной литературе и собственном клиническом опыте, комитет проголосовал за следующие утверждения положительно и соответствующим образом преобразовал их в рекомендации.

Острая боль в спине: клинический диагноз

- Аксиальная боль в спине, усиливающаяся при сгибании, кашле и маневре Вальсальвы, уменьшающаяся в положении лежа, свидетельствует о дискогенной боли.
- Боль в спине с односторонним или двусторонним распространением, ухудшающаяся при разгибании, указывает на фасеточный болевой синдром.
- Боль при фасеточном болевом синдроме может иррадиировать в ягодичную область или бедра до уровня колена, не усиливается при маневре Вальсальвы или кашле.
- Наличие 3 положительных провокационных тестов на синдром КПС свидетельствует о поражении КПС, что можно подтвердить диагностическими блокадами.
- Наличие триггерных точек в области спины с гиперестезией, усиливающейся при пальпации, указывает на миофасциальную боль.

Острая боль в спине: рентгенологический диагноз

- Пациентам со стойкой радикулопатией или прогрессирующим неврологическим дефицитом и серьезной сопутствующей патологией показана нейровизуализация.
- Пациентам с впервые возникшей острой болью в спине при отсутствии «красных флагов» нейровизуализация не показана.
- При наличии острой боли в спине и неврологического дефицита МРТ является методом выбора.
- КТ не так показательна для визуализации мягкотканной патологии (например, дегенеративных поражений) по сравнению с МРТ, но более показательна в отношении костных структур.
- Имеются убедительные доказательства того, что рутинная нейровизуализация при острой боли в спине не приносит клинической пользы. Рентгенологическая диагностика может выявить клинически незначимые изменения, поэтому ее нужно назначать только при наличии показаний.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Allegri M., Montella S., Salici F. et al. Mechanisms of low back pain: a guide for diagnosis and therapy. *F1000Res* 2016;5:F1000 Faculty Rev-1530. DOI: 10.12688/f1000research.8105.2
- Balagué F., Mannion A.F., Pellisé F. et al. Non-specific low back pain. *Lancet* 2012;379(9814):482–91. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60610-7
- Thorson D., Campbell R., Massey M. et al. Health care guideline: adult acute and subacute low back pain. Institute for Clinical Systems Improvement, 2018. Available at: <https://www.icsi.org/wp-content/uploads/2021/11/March-2018-LBP-Interactive2.pdf>
- Casser H.R., Seddigh S., Rauschmann M. Acute lumbar back pain. *Dtsch Arztebl Int* 2016;113(13):223–34. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0223
- Knezevic N.N., Candido K.D., Vlaeyen J.W.S. et al. Low back pain. *Lancet* 2021;398(10294):78–92. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00733-9
- Reis S., Lahad A. [Clinical guidelines for diagnosis and treatment of acute low back pain (In Hebrew)]. *Harefuah* 2007;146(8):631–5, 644. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0223
- Casazza B.A. Diagnosis and treatment of acute low back pain. *Am Fam Physician* 2012;85(4):343–50.
- Oliveira C.B., Maher C.G., Pinto R.Z. et al. Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview. *Eur Spine J* 2018;27(11):2791–803. DOI: 10.1007/s00586-018-5673-2
- Delitto A., George S.Z., Van Dillen L. et al. Low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42(4):A1–57. DOI: 10.2519/jospt.2012.42.4.A1
- Young S., Aprill C., Laslett M. Correlation of clinical examination characteristics with three sources of chronic low back pain. *Spine J* 2003;13(6):460–5. DOI: 10.1016/S1529-9430(03)00151-7
- Chou R., Qaseem A., Snow V. et al. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med* 2007;147(7):478–91. DOI: 10.7326/0003-4819-147-7-200710020-00006
- Patel A.T., Ogle A.A. Diagnosis and management of acute low back pain. *Am Fam Physician* 2000;61(6):1779–86, 1789–90.
- DePalma M.G. Red flags of low back pain. *JAAPA* 2020;33(8):8–11. DOI: 10.1097/01.JAA.0000684112.91641.4c
- Underwood M., Buchbinder R. Red flags for back pain. *BMJ* 2013;347:f7432. DOI: 10.1136/bmj.f7432
- Ferguson F.C., Morison S., Ryan C.G. Physiotherapists' understanding of red flags for back pain. *Musculoskeletal Care* 2015;13(1):42–50. DOI: 10.1002/msc.1079
- Verhagen A.P., Downie A., Popal N. et al. Red flags presented in current low back pain guidelines: a review. *Eur Spine J* 2016;25(9):2788–802. DOI: 10.1007/s00586-016-4684-0
- Kim J.H., van Rijn R.M., van Tulder M.W. et al. Diagnostic accuracy of diagnostic imaging for lumbar disc herniation in adults with low back pain or sciatica is unknown; a systematic review. *Chiropr Man Therap* 2018;26:37. DOI: 10.1186/s12998-018-0207-x
- Raastad J., Reiman M., Coeytaux R. et al. The association between lumbar spine radiographic features and low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Semin Arthritis Rheum* 2015;44(5):571–85. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2014.10.006
- Suzuki H., Kanchiku T., Imajo Y. et al. Diagnosis and characters of non-specific low back pain in Japan: the Yamaguchi Low Back Pain Study. *PLoS One* 2016;11(8):e0160454. DOI: 10.1371/journal.pone.0160454
- Tagliaferri S.D., Mitchell U.H., Saueressig T. et al. Classification approaches for treating low back pain have small effects that are not clinically meaningful: a systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2022;52(2):67–84. DOI: 10.2519/jospt.2022.10761
- Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18(1):188. DOI: 10.1186/s12891-017-1549-6
- Peh W. Image-guided facet joint injection. *Biomed Imaging Interv J* 2011;7(1):e4. DOI: 10.2349/bij.7.1.e4
- Will J.S., Bury D.C., Miller J.A. Mechanical low back pain. *Am Fam Physician* 2018;98(7):421–8.
- Thawrani D.P., Agabegi S.S., Asghar F. Diagnosing sacroiliac joint pain. *J Am Acad Orthop Surg* 2019;27(3):85–93. DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00132
- Urits I., Burshtein A., Sharma M. et al. Low back pain, a comprehensive review: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Curr Pain Headache Rep* 2019;23(3):23. DOI: 10.1007/s11916-019-0757-1
- Maigne J.Y., Cornelis P., Chatellier G. Lower back pain and neck pain: is it possible to identify the painful side by palpation only? *Ann Phys Rehabil Med* 2012;55(2):103–11. DOI: 10.1016/j.rehab.2012.01.001
- Khalimova D.J. Modern approaches to the treatment of back pain and radiculopathy. *Ann Romanian Soc Cell Biol* 2021;25(1):5216–23.
- Koes B.W., van Tulder M., Lin C.W. et al. An updated overview of clinical guidelines for the management of nonspecific low back pain in primary care. *Eur Spine J* 2010;19(2):2075–94. DOI: 10.1007/s00586-010-1502-y
- Guevara-López U., Covarrubias-Gómez A., Elías-Dib J. et al. Practice guidelines for the management of low back pain. Consensus Group of Practice Parameters to Manage Low Back Pain. *Cir Cir* 2011;79(3):264–79, 286–302.
- Anderson G.D., Vaccaro A.R. Decision making in spinal care. New York, Stuttgart: Thieme, 2007.
- Hooten W.M., Cohen S.P. Evaluation and treatment of low back pain: a clinically focused review for primary care specialists. *Mayo Clin Proc* 2015;90(12):1699–718. DOI: 10.1016/j.mayocp.2015.10.009
- Modic M.T., Steinberg P.M., Ross J.S. et al. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology* 1988;166(1 Pt 1):193–9. DOI: 10.1148/radiology.166.1.3336678
- Wang Y.X.J., Wu A.M., Ruiz Santiago F., Nogueira-Barbosa M.H. Informed appropriate imaging for low back pain management: a narrative review. *J Orthop Translat* 2018;15:21–34. DOI: 10.1016/j.jot.2018.07.009
- Rao D., Scuderi G., Scuderi C. et al. The use of imaging in management of patients with low back pain. *J Clin Imaging Sci* 2018;8:30. DOI: 10.4103/jcis.JCIS_16_18
- Lateef H., Patel D. What is the role of imaging in acute low back pain? *Curr Rev Musculoskelet Med* 2009;2(2):69–73. DOI: 10.1007/s12178-008-9037-0
- Chou R., Qaseem A., Owens D.K. et al. Diagnostic imaging for low back pain: advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med* 2011;154(3):181–9. DOI: 10.7326/0003-4819-154-3-201102010-00008
- Chou R., Fu R., Carrino J.A., Deyo R.A. Imaging strategies for low-back pain: systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2009;373(9662):463–72. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)60172-0
- Lurie J.D., Birkmeyer N.J., Weinstein J.N. Rates of advanced spinal imaging and spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28(6):616–20. DOI: 10.1097/01.BRS.0000049927.37696.DC

Вклад авторов

А.О. Гуша: разработка концепции исследования, анализ данных литературы, написание и редактирование текста статьи;

А.Р. Юсупова: анализ данных литературы, написание и редактирование текста статьи;

Р.А. Картавых: анализ данных литературы, редактирование статьи.

Authors' contributions

A.O. Gushcha: development of the research concept, analysis of literature data, article writing and editing;

A.R. Yusupova: analysis of literature data, article writing and editing;

R.A. Kartavykh: analysis of literature data, editing of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.О. Гуша / A.O. Gushcha: <https://orcid.org/0000-0003-3451-5750>

А.Р. Юсупова / A.R. Yusupova: <https://orcid.org/0000-0002-1679-2781>

Р.А. Картавых / R.A. Kartavykh: <https://orcid.org/0000-0003-4543-3451>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТААНАЛИЗ ИМПЛАНТ-АССОЦИИРОВАННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ И ЧАСТОТЫ СПОНДИЛОДЕЗА ПРИ МЕТОДЕ GOEL–HARMS И ЗАДНЕЙ ТРАНСАРТИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ C₁–C₂ ПО МЕТОДУ F. MAGERL

А.А. Гринь^{1,2}, А.Э. Талыпов^{1,2}, А.Ю. Кордонский¹, З.А. Барбакадзе¹

¹ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», отделение неотложной нейрохирургии;

²кафедра фундаментальной нейрохирургии факультета дополнительного профессионального образования ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1

Контакты: Антон Юрьевич Кордонский kordonskii.anton@rambler.ru

Трансартикулярная фиксация (ТАФ) C₁–C₂-позвонков по технике F. Magerl и методика Goel–Harms (GHT) – два наиболее популярных способа формирования спондилодеза на атлантоаксиальном уровне. Тем не менее сравнительных исследований применения этих методов с высоким уровнем доказательности в настоящее время в литературе не опубликовано.

Цель данного исследования – проведение сравнительного метаанализа частоты развития имплант-ассоциированных осложнений и спондилодеза. Первоначальный поиск выявил более 5000 абстрактов, после применения фильтров были отобраны 202 исследования, из них 16 работ соответствовали необходимым критериям и были включены в настоящее исследование. По результатам метаанализа не было обнаружено достоверных различий между методами Goel–Harms и F. Magerl как в показателях продолжительности операции и интраоперационной кровопотери, так и в частоте развития послеоперационных имплант-ассоциированных осложнений и спондилодеза C₁–C₂-позвонков.

Ключевые слова: трансартикулярная фиксация, методика Goel–Harms, спондилодез, имплант-ассоциированные осложнения, метаанализ

Для цитирования: Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Барбакадзе З.А. Сравнительный метаанализ имплант-ассоциированных осложнений и частоты спондилодеза при методе Goel–Harms и задней трансартикулярной фиксации C₁–C₂ по методу F. Magerl. Нейрохирургия 2024;26(2):100–11.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-100-111>

Comparative meta-analysis of implant-associated complications and spinal fusion incidence in Goel–Harms technique and posterior C₁–C₂ transarticular screw fixation per F. Magerl

A.A. Grin^{1,2}, A.E. Talypov^{1,2}, A. Yu. Kordonskiy¹, Z.A. Barbakadze¹

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

²Department of Fundamental Surgery of the Faculty of Additional Professional Education, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia

Contacts: Anton Yuryevich Kordonskiy kordonskii.anton@rambler.ru

Transarticular fixation (TAF) of C₁–C₂ using the F. Magerl method and the Goel–Harms technique (GHT) are the two most popular ways of forming spondylosis at the atlantoaxial level. Nevertheless, comparative studies with a high level of evidence have not been published at present.

The aim of the study was to conduct a comparative meta-analysis of the incidence of implant-associated complications and fusion. The initial search in revealed more than 5,000 abstracts, after applying filters, 202 studies were selected,

of which 16 works were included in this study. According to the results of the meta-analysis, no significant differences were found between the methods of Goel–Harms and F. Magerl in the duration of surgery and intraoperative blood loss, as well as in the frequency of postoperative implant-associated complications and spinal fusion of C₁–C₂ vertebrae.

Keywords: transarticular screw fixation, Goel–Harms technique, spondylodesis, implant-associated complications, meta-analysis

For citation: Grin A.A., Talypov A.E., Kordonsky A.Y., Barbakadze Z.A. Comparative meta-analysis of implant-associated complications and spinal fusion incidence in Goel–Harms technique and posterior C₁–C₂ transarticular screw fixation per F. Magerl. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):100–111. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-100-111>

ВВЕДЕНИЕ

Трансартикулярная фиксация (ТАФ) C₁–C₂-позвонков по технике F. Magerl и методика Goel–Harms (Goel–Harms technique, GHT) являются двумя наиболее популярными способами формирования спондилодеза на атлантоаксиальном уровне [1, 2]. Несмотря на большой опыт применения ТАФ, данная методика специалистами в области спинальной хирургии считается наиболее опасной с точки зрения частоты формирования имплант-ассоциированных осложнений, особенно ранения позвоночной артерии (ПА). Некоторые авторы работ с сериями наблюдений [3, 4], а также метаанализов [5, 6] обосновывают выбор GHT наибольшей безопасностью и надежностью методики. Тем не менее сравнительных исследований по применению этих методик с высоким уровнем доказательности в настоящее время в литературе не опубликовано. Единственный сравнительный метаанализ [7], содержащий данные пациентов как после ТАФ, так и после GHT, включает не все опубликованные на тот момент исследования. Авторы использовали всего 6 из 16 опубликованных работ, что является причиной формирования публикационного смещения и неправильных выводов.

Цель исследования — провести сравнительный метаанализ частоты развития имплант-ассоциированных осложнений и спондилодеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор статей. Систематический обзор был выполнен в соответствии с рекомендациями, отраженными в PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, предпочтительные сообщения о результатах исследований для систематических обзоров и метаанализов) [8]. Поиск в базе данных PubMed (раздел MEDLINE) осуществляли с использованием запроса: (“fixation” [Title/Abstract] OR “stabilization” [Title/Abstract] OR “arthrodesis” [Title/Abstract] OR “spondylodesis” [Title/Abstract]) AND (“C1” [Title/Abstract] OR “C2” [Title/Abstract] OR “C1–C2” [Title/Abstract] OR “craniovertebral” [Title/Abstract] OR “atlantoaxial” [Title/Abstract]).

Критерии включения в исследование: 1) наличие в доступе полнотекстовой версии статьи на английском или русском языках; 2) использование в исследова-

новании методов ТАФ и GHT на 2 выборках пациентов; 3) возраст пациентов >18 лет; 4) описание частоты развития спондилодеза и/или имплант-ассоциированных осложнений; 5) публикация исследования начиная с января 1987 г. Все статьи, не соответствующие данным критериям, были исключены из исследования. Алгоритм поиска и выбора статей представлен на рис. 1.

Сбор данных. Данные из каждой статьи вносили в соответствующую ячейку таблицы. Если соответствующая информация в тексте статьи отсутствовала, ячейки помечали как «н. д.» (нет данных).

Базовая информация включала: размер выборки, средний, минимальный и максимальный возраст пациентов, распределение по полу, диагноз. Основной блок данных включал следующую информацию: среднее время операции и его стандартное отклонение, средний объем кровопотери и его стандартное отклонение, повреждение ПА, мальпозиция винта в сторону ПА, другие виды мальпозиций, симптомы ирритации корешка C₂ (боль или гиперестезия, сохраняющиеся не менее 4 нед после операции и снижающие качество жизни пациента), несостоятельность металлоконструкции (перелом ее элементов или лизис кости вокруг винтов), радиологические результаты проведенной операции (спондилодез).

Статистический анализ. Статистический анализ проводили при помощи программы Statistica v.12 (StatSoft Inc., США). Нормальность распределения данных определяли при помощи теста Шапиро–Уилка. При сравнении групп с нормальным распределением данных применяли t-критерий Стьюдента. В случае ненормального распределения данных использовали тест Манна–Уитни.

Метаанализ был выполнен в программе Comprehensive Meta-analysis v. 2.2.064 (Biostat, США). Оценку гетерогенности проводили при помощи теста I². Если параметр I² был <50 %, гетерогенность считали низкой, 50–75 % — умеренной, >75 % — высокой [9]. При отсутствии доказательств статистической гетерогенности между исследованиями использовали модель с фиксированными эффектами. В остальных случаях применяли модель случайных эффектов (DerSimonian–Laird). Наличие публикационного смещения признавалось в случае $p < 0,05$ при проведении Begg’s test.

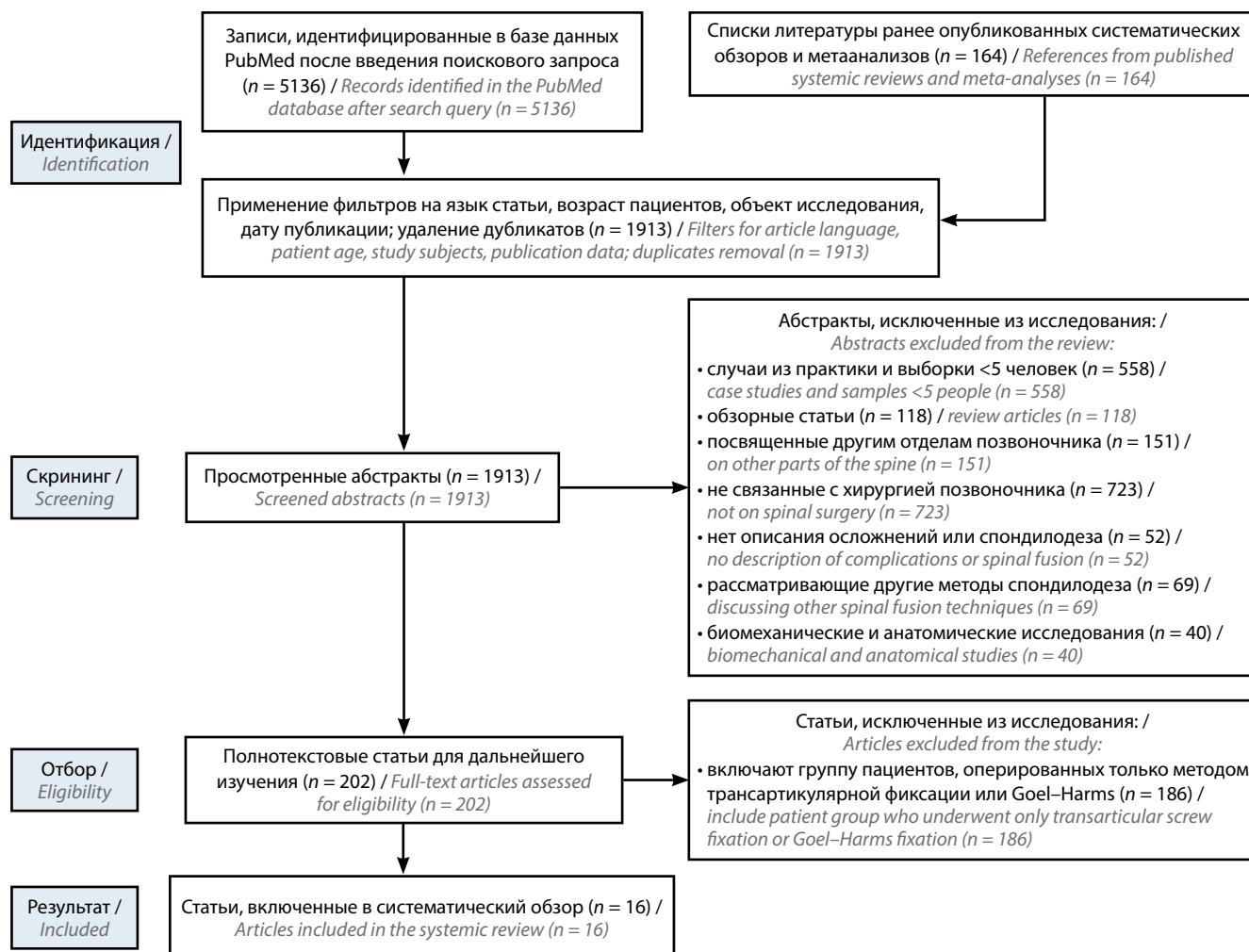


Рис. 1. Алгоритм поиска и отбора статей PRISMA

Fig. 1. PRISMA algorithm of article search and selection

Для сравнения частоты развития имплант-ассоциированных осложнений использовали отношение шансов (ОШ). Разницу считали статистически достоверной, если ОШ было в пределах 95 % доверительного интервала (ДИ) строго больше или меньше 1.

При сравнении объема кровопотери и времени операции применяли стандартизованную разность средних (standardised mean difference, SMD). Результат демонстрировали в виде 95 % ДИ. В случае, если весь интервал был строго больше или меньше 0, разницу считали статистически достоверной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отбор статей. Начальный поиск в базе данных в PubMed выявил более 5000 абстрактов. После применения фильтра по дате публикации, возрасту пациентов и языку статьи оставшиеся резюме работ были просмотрены. В результате начального поиска были отобраны 202 исследования для изучения полнотекстовых версий. Из них 16 работ соответствовали необходимым критериям и были включены в настоящее

исследование (см. рис. 1). Всего в этих 16 работах были представлены данные лечения 950 пациентов. В группу ГНТ вошли 469 пациентов, в группу ТАФ — 481 пациент. Статистический анализ продемонстрировал отсутствие статистически достоверной разницы между этими 2 группами по демографическим показателям, среднему возрасту, сроку послеоперационного наблюдения и диагнозу (табл. 1).

Характеристика исследований, включенных в метаанализ, представлена в табл. 2 [3, 10–24].

Сравнение интраоперационных показателей. Данные, необходимые для проведения сравнительного анализа (среднее значение и стандартное отклонение) продолжительности операции и объема интраоперационной кровопотери, были опубликованы в восьми [13–18, 21, 22] и шести [14–18, 21] статьях соответственно. Исследования характеризовались высокой степенью гетерогенности, в связи с чем была использована модель случайных эффектов. Статистически достоверной разницы в продолжительности операции получено не было (SMD –0,21; 95 % ДИ –0,79, 0,37) (рис. 2).

Таблица 1. Сравнение исследуемых групп по демографическим показателям и причинам атлантоаксиальной нестабильности**Table 1.** Comparison of the studied groups per demographic characteristics and causes of atlantoaxial instability

Показатель Parameter	Группа ГНТ (n = 469) GHT group (n = 469)	Группа ТАФ (n = 481) TAF group (n = 481)	p
Средний возраст, лет Mean age, years	49,5	47,1	0,51**
Пол, %: Sex, %:			
мужской male	43,5	42,2	0,76*
женский female	56,5	57,8	0,82*
Средняя продолжительность наблюдения за пациентами, мес Mean follow-up period, months	26,1	33,9	0,33**
Диагноз, %: Diagnosis, %:			
перелом позвонков C ₁ , C ₂ fracture of the C ₁ , C ₂ vertebrae	38,7	30,1	0,62*
ревматоидный артрит rheumatoid arthritis	31,4	27,7	0,52*
os odontoideum	13,9	8,1	0,76*
другие причины other causes	16	7,3	0,25*

*Тест Манна–Уитни; **t-критерий Стьюдента.

*Mann–Whitney test; **Student's t-test.

Примечание. ТАФ – трансартрикулярная фиксация; ГНТ – методика Goel–Harms.

Note. TAF – transarticular screw fixation; GHT – Goel–Harms technique.

Также не было достоверных различий в объеме интраоперационной кровопотери (SMD 0,095; 95 % ДИ –0,41, 0,60) (рис. 3).

Анализ имплант-ассоциированных осложнений. Указание на наличие или отсутствие повреждения ПА имело место в 15 работах. Из них в 5 работах [13, 14, 17, 21, 22] частота данного осложнения в обеих группах была равна нулю, поэтому при подсчете ОШ данные работы не учитывали. Повреждение ПА реже встречалось при методе ГНТ, чем при ТАФ, однако разница в частоте была статистически недостоверна (ОШ 0,55; 95 % ДИ 0,23–1,21) (рис. 4).

Факт наличия или отсутствия мальпозиции винта с перфорацией канала ПА для обеих групп был отмечен в 8 работах, в 3 из них [10, 11, 21] ее частота составила 0 %. Достоверной разницы в частоте развития данного осложнения между исследуемыми группами выявлено не было (ОШ 0,77; 95 % ДИ 0,25–2,40) (рис. 5).

Факт наличия или отсутствия мальпозиции винта в других направлениях был отражен в 8 работах, в 4 из них [10, 13, 21] ее частота составила 0 %. Достоверной разницы между группами в частоте развития мальпозиций винтов выявлено не было (ОШ 0,89; 95 % ДИ 0,23–3,44) (рис. 6).

Указание на наличие или отсутствие радикулопатии C₂ после операции имело место в 9 исследованиях, в 5 из них [10, 15, 18, 19, 24] частота компрессии корешка C₂ составила 0 %. Данное осложнение чаще

развивалось при использовании метода ГНТ, однако разница в частоте осложнения была статистически недостоверна (ОШ 1,3; 95 % ДИ 0,3–5,7) (рис. 7).

Наличие или отсутствие несостоятельности фиксации в виде поломки имплантов или лизиса кости вокруг винта были отмечены в 12 работах. В анализ были включены 5 статей (рис. 8). Достоверной разницы в формировании несостоятельности фиксации C₁–C₂ между группами выявлено не было (ОШ 0,49; 95 % ДИ 0,16–1,46).

Анализ отдаленных результатов хирургического лечения. Формирование спондилодеза было отмечено в 13 исследованиях, в 6 из них [12, 13, 16, 17, 21, 22] в обеих группах костное сращение было зафиксировано в 100 % случаев: эти работы не учитывали при подсчете ОШ. В группе ГНТ частота формирования спондилодеза была выше, однако разница была статистически недостоверна (ОШ 1,97; 95 % ДИ 0,93–4,16) (рис. 9).

Публикационное смещение. Публикационное смещение отсутствовало при анализе всех исследуемых показателей (рис. 10). Результаты Begg's test для исследуемых параметров составили: 1) ранение ПА: $p = 0,12$; 2) мальпозиция винта в направлении ПА: $p = 0,16$; 3) другие виды мальпозиций: $p = 0,09$; 4) послеоперационная радикулопатия C₂: $p = 0,25$; 5) несостоятельность фиксации: $p = 0,07$; 6) формирование спондилодеза: $p = 0,65$; 6) продолжительность операции: $p = 0,46$; 7) объем интраоперационной кровопотери: $p = 0,85$.

Таблица 2. Интраоперационные параметры, имплант-ассоциированные осложнения и исходы в анализируемых исследованиях
Table 2. Intraoperative parameters, implant-associated complications, and outcomes in the analyzed studies

Исследо- вание Study	Метод Method	Число па- циентов Number of patients	Время опера- ции, мин Duration of surgery, min	Интраоперационная кровопотеря, мл Intraoperative blood loss, ml	Поврежде- ние ПА VA damage	Мальпозиция в направлении ПА Malposition in the VA direction	Другие мальпозиции Other malpositions	Радикло- патия C ₂ C ₂ radiculo- pathy	Несостоятель- ность фиксации Fixation failure	Спондилодез, % Spinal fusion, %
M.A. El Masry et al., 2007 [10]	GHT	13	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	0	0	0	0	100
	ТАФ TAF	24	н. д. n. d.	н. д. n. d.	1	0	0	0	0	95,8
S.H. Lee et al., 2010 [11]	GHT	27	169	730	1	0	0	1	1	96
	ТАФ TAF	28	176	360	1	0	н. д. n. d.	0	3	85,7
G. Yoshida et al., 2010 [12]	GHT	30	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	100
	ТАФ TAF	35	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	100
P. Vergara et al., 2012 [3]	GHT	47	112,17	1323,08	1	н. д. n. d.	н. д. n. d.	1	1	100
	ТАФ TAF	76	103,66	726,19	10	0	1	2	7	80,4
C. Weng et al., 2012 [13]	GHT	11	101,8 ± 13,8	н. д. n. d.	0	2	0	н. д. n. d.	0	100
	ТАФ TAF	8	106,3 ± 16	н. д. n. d.	0	1	0	н. д. n. d.	0	100
J.Y. Kim et al., 2014 [14]	GHT	27	144 ± 41	229 ± 178	0	1	4	н. д. n. d.	2	88,9
	ТАФ TAF	14	219 ± 68	445 ± 219	0	2	1	н. д. n. d.	1	88,9
R.N. Dunn, H. Stander, 2014 [15]	GHT	15	95 ± 38,1	250 ± 242,1	1	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	0	100
	ТАФ TAF	27	90 ± 32,9	150 ± 153	4	н. д. n. d.	2	0	1	96,3
S. Oshima et al., 2015 [16]	GHT	22	89,3 ± 21	66,7 ± 93,8	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	100
	ТАФ TAF	20	119,8 ± 39,7	77,3 ± 63,3	1	0	0	н. д. n. d.	0	100

Окончание табл. 2
End of table 2

Исследование Study	Метод Method	Число пациентов Number of patients	Время операции, мин Duration of surgery, min	Интраоперационная кровопотеря, мл Intraoperative blood loss, ml	Повреждение ПА VA damage	Мальпозиция в направлении ПА Malposition in the VA direction	Другие мальпозиции Other malpositions	Радикуллопатия C ₂ C ₂ radiculopathy	Несостоятельность фиксации Fixation failure	Спондилодез, % Spinal fusion, %
B. Ni et al., 2017 [17]	GHT	30	120,8 ± 7,2	208,8 ± 35,9	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	100
	ТАФ TAF	30	124,6 ± 6,2	213,5 ± 39,4	0	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	100
P. Rajinda et al., 2016 [18]	GHT	60	119,8 ± 24,7	233,5 ± 101,1	0	2	0	0	0	96,7
	ТАФ TAF	45	104,3 ± 20,9	179,3 ± 173,6	2	2	1	0	0	95,6
J.I. Ryu et al., 2017 [19]	GHT	25	н. д. n. d.	н. д. n. d.	1	1	0	0	0	100
	ТАФ TAF	33	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	0	1	0	0	97
V. Velho, S.A. Giri, 2018 [20]	GHT	35	н. д. n. d.	н. д. n. d.	1	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.
	ТАФ TAF	15	н. д. n. d.	н. д. n. d.	2	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.
K. Wada et al., 2020 [21]	GHT	15	212 ± 45,6	185,2 ± 120	0	0	0	2	0	100
	ТАФ TAF	13	166,3 ± 54,2	79,7 ± 67,7	0	0	0	0	0	100
T. Bunma-prasert et al., 2021 [22]	GHT	11	146,2 ± 28,7	200	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	0	100
	ТАФ TAF	10	152,5 ± 45	150	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	1	0	100
F.S. Kleins-tück et al., 2021 [23]	GHT	49	н. д. n. d.	н. д. n. d.	2	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.
	ТАФ TAF	77	н. д. n. d.	н. д. n. d.	0	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.	н. д. n. d.
C. Tatter et al., 2022 [24]	GHT	52	155	500	2	1	2	0	2	н. д. n. d.
	ТАФ TAF	26	143	150	0	1	1	0	1	н. д. n. d.

Примечание. GHT — метод фиксации Goel–Harms; ТАФ — трансартрикулярная фиксация; ПА — позвоночная артерия; н. д. — нет данных.

Note. GHT — Goel–Harms technique; TAF — transarticular screw fixation; VA — vertebral artery; n. d. — no data.

Исследование / Study	Стандартизированная средняя разница / Standardized mean difference	Стандартная ошибка среднего / Standard error	Дисперсия / Variance	Минимум / Lower limit	Максимум / Upper limit	Z-оценка / Z-value	p-значение / p-value	Стандартизированная средняя разница, 95 % ДИ / Standardized mean difference, 95 % CI
C. Weng et al., 2012	-0,305	0,467	0,218	-1,221	0,611	-0,653	0,514	
J.Y. Kim et al., 2014	-1,454	0,366	0,134	-2,172	-0,736	-3,968	0,000	
R.N. Dunn, H. Stander, 2014	0,144	0,322	0,104	-0,488	0,776	0,446	0,656	
S. Oshima et al., 2015	-0,974	0,327	0,107	-1,615	-0,334	-2,982	0,003	
P. Rajinda et al., 2016	0,669	0,203	0,041	0,272	1,066	3,305	0,001	
B. Ni et al., 2017	-0,566	0,263	0,069	-1,082	-0,050	-2,148	0,032	
K. Wada et al., 2020	0,919	0,398	0,159	0,138	1,699	2,306	0,021	
T. Bunmaprasert et al., 2021	-0,169	0,438	0,192	-1,027	0,689	-0,386	0,700	
	-0,210	0,295	0,087	-0,789	0,368	-0,713	0,476	

Рис. 2. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая стандартизированную разность средних показателей продолжительности операции для исследуемых групп. Модель случайных эффектов, $I^2 = 84,7$

Fig. 2. Forest plot demonstrating standardized difference of mean operative times for the studied groups. Random effect model, $I^2 = 84.7$

Исследование / Study	Стандартизированная средняя разница / Standardized mean difference	Стандартная ошибка среднего / Standard error	Дисперсия / Variance	Минимум / Lower limit	Максимум / Upper limit	Z-оценка / Z-value	p-значение / p-value	Стандартизированная средняя разница, 95 % ДИ / Standardized mean difference, 95 % CI
J.Y. Kim et al., 2014	-1,121	0,352	0,124	-1,811	-0,432	-3,187	0,001	
B. Ni et al., 2017	-0,125	0,258	0,067	-0,631	0,382	-0,482	0,629	
S. Oshima et al., 2015	-0,131	0,309	0,096	-0,737	0,475	-0,424	0,671	
P. Rajinda et al., 2016	0,196	0,199	0,040	0,006	0,786	1,989	0,047	
K. Wada et al., 2020	1,062	0,405	0,164	0,269	1,855	2,625	0,009	
R.N. Dunn, H. Stander, 2014	0,529	0,327	0,107	-0,112	1,170	1,617	0,106	
	0,095	0,259	0,067	-0,412	0,602	0,367	0,714	

Рис. 3. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая стандартизированную разность средних показателей интраоперационной кровопотери для исследуемых групп. Модель случайных эффектов, $I^2 = 78,2$

Fig. 3. Forest plot demonstrating standardized difference of mean intraoperative blood loss in the studied groups. Random effect model, $I^2 = 78.2$

Исследование / Study	Отношение шансов / Odds ratio	Минимум / Lower limit	Максимум / Upper limit	Z-оценка / Z-value	p-значение / p-value	Отношение шансов, 95 % ДИ / Odds ratio, 95 % CI
M.A. El Masry et al., 2007	0,580	0,022	15,265	-0,326	0,744	
S.H. Lee et al., 2010	1,038	0,062	17,486	0,026	0,979	
P. Vergara et al., 2012	0,143	0,018	1,160	-1,821	0,069	
R.N. Dunn, H. Stander, 2014	0,411	0,042	4,055	-0,762	0,446	
S. Oshima et al., 2015	0,289	0,011	7,507	-0,747	0,455	
P. Rajinda et al., 2016	0,144	0,007	3,071	-1,242	0,214	
J.I. Ryu et al., 2017	4,102	0,160	105,028	0,853	0,394	
V. Velho, S.A. Giri, 2018	0,191	0,016	2,292	-1,305	0,192	
F.S. Kleinstück et al., 2021	8,158	0,383	173,600	1,345	0,178	
C. Tatter et al., 2022	2,624	0,121	56,665	0,615	0,538	
	0,546	0,228	1,309	-1,356	0,175	

Рис. 4. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов ранения позвоночной артерии при методе ГХТ по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$. Здесь и на рис. 5–9: ГХТ – метод фиксации Goel–Harms; ТАФ – трансартикулярная фиксация

Fig. 4. Forest plot demonstrating odds ratio for vertebral artery injury in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$. Here and on Fig. 5–9: GHT – Goel–Harms technique; TAF – transarticular screw fixation

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос выбора метода спондилодеза C_1 – C_2 -позвонков при атлантаксальной нестабильности остается в настоящее время одним из наиболее дискус-

бельных. ТАФ и ГХТ позволяют наиболее жестко фиксировать позвонки краниовертебрального перехода по сравнению с прочими методами атлантаксального спондилодеза. Метод ГХТ в настоящее время

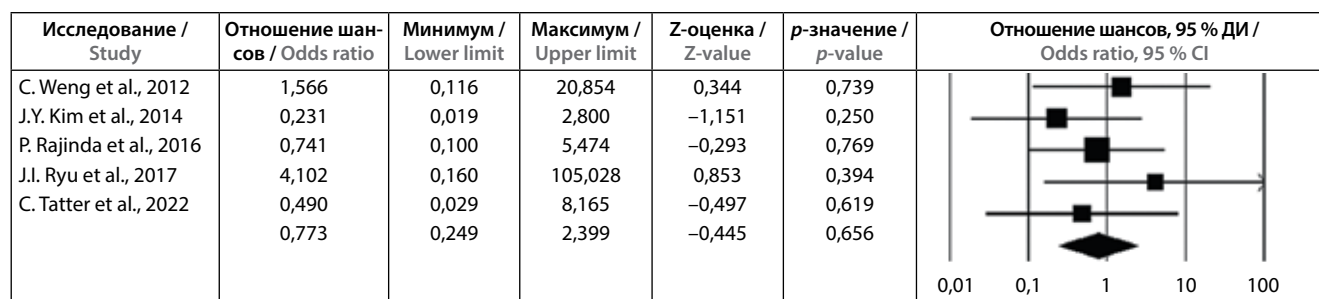


Рис. 5. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов перфорации канала позвоночной артерии винтом при методе GHT по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$

Fig. 5. Forest plot demonstrating odds ratio for perforation of the vertebral artery canal with a screw in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$

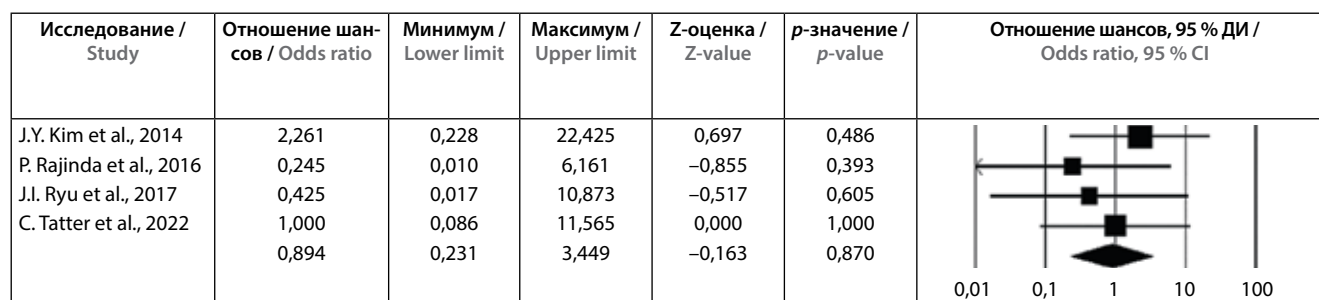


Рис. 6. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов мальпозиции винтов при методе GHT по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$

Fig. 6. Forest plot demonstrating odds ratio for screw malposition in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$

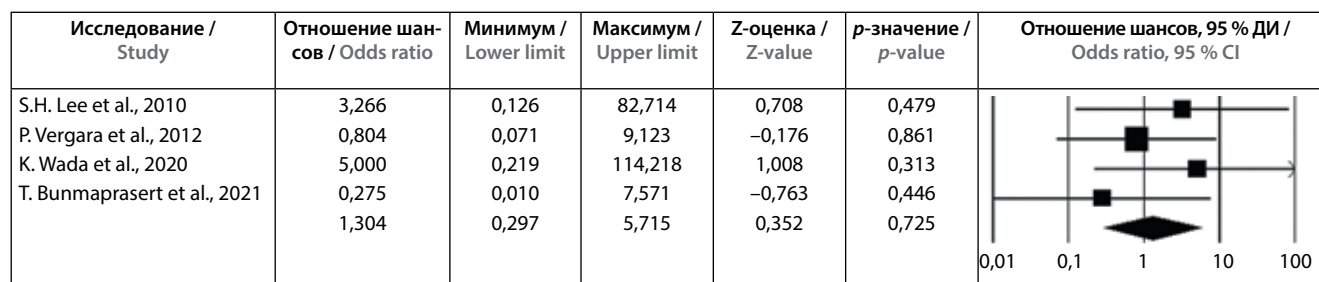


Рис. 7. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов послеоперационной радикулопатии C_2 при методе GHT по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$

Fig. 7. Forest plot demonstrating odds ratio for postoperative radiculopathy in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$

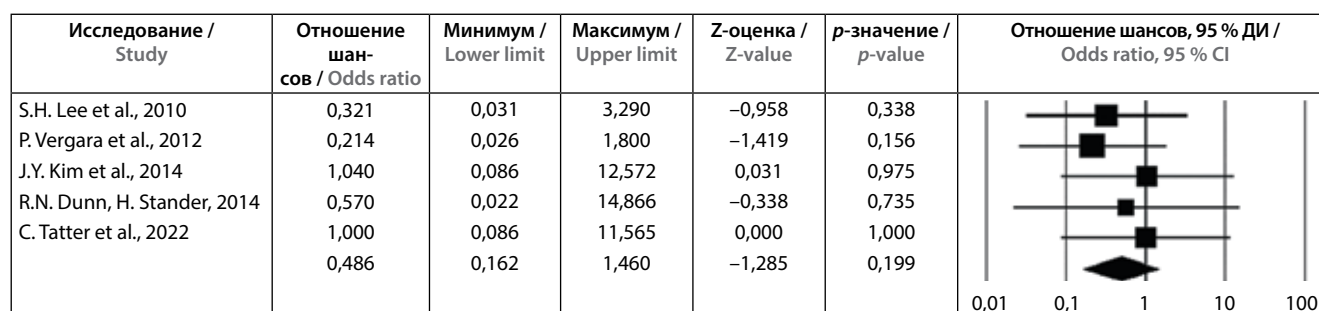


Рис. 8. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов развития несостоятельности фиксации при методе GHT по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$

Fig. 8. Forest plot demonstrating odds ratio for fixation failure in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$

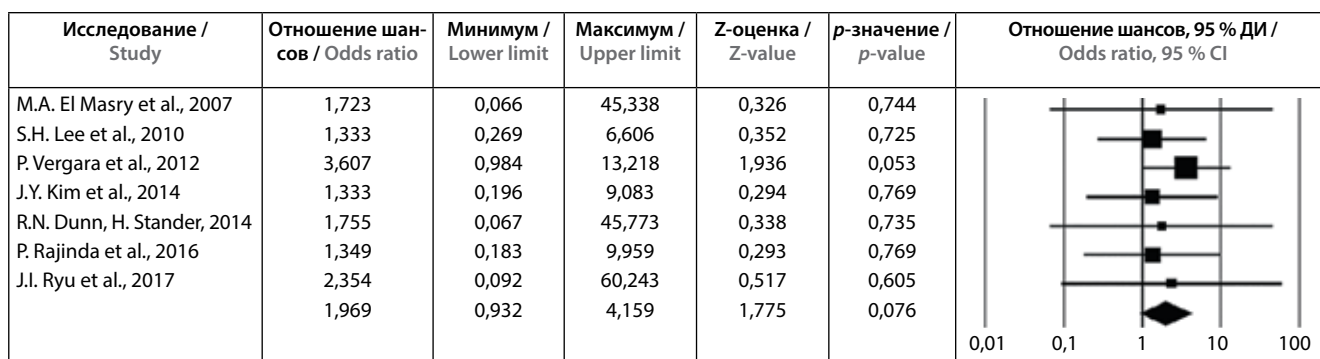


Рис. 9. Диаграмма (forest plot), демонстрирующая отношение шансов формирования спондилодеза при методе ГНТ по сравнению с ТАФ. Модель фиксированных эффектов, $I^2 = 0$

Fig. 9. Forest plot demonstrating odds ratio for spinal fusion formation in GHT compared to TAF. Random effect model, $I^2 = 0$

является более популярным в силу ряда сложившихся факторов: 1) он интуитивно понятен любому вертебрологу-ортопеду благодаря визуальной аналогии с рутинной транспедикулярной фиксацией; 2) этот способ считается более безопасным и надежным по сравнению с методом F. Magerl. Такая позиция длительное время озвучивалась на отечественных и международных конференциях, однако была основана на опубликованных одним авторским коллективом метаанализах [5, 6]. Эти исследования имели существенные ограничения и недостатки. Авторы применяли односторонний метаанализ частоты конкретных осложнений и исходов, подсчитывая их отдельно для ТАФ в одних статьях, а для ГНТ — в других. Затем с помощью методов простой описательной статистики они сравнивали совокупную частоту встречаемости конкретного осложнения для ТАФ и ГНТ. Кроме того, авторы допустили методологические погрешности, в частности не провели оценку публикационного смещения, после устранения которого показатели частоты осложнений могли измениться. Конкретный пример такого существенного изменения исследуемых данных в результате устранения публикационного смещения методом “trim-and-fill” представлен в нашем последнем метаанализе [25].

В 2022 г. был опубликован сравнительный метаанализ эффективности ГНТ и ТАФ [7]. Авторы пришли к выводу о большей безопасности и эффективности метода ГНТ. Более того, авторский коллектив позиционирует свою работу как рекомендацию для остальных хирургов к выбору метода ГНТ в хирургии краниовертебрального перехода. Несмотря на более правильный методологический подход по сравнению с предыдущими работами, данная статья также имеет существенный недостаток, а именно — авторы охватили не весь пул литературы. В частности, при подсчете ОШ частоты повреждения ПА они использовали 4 работы, тогда как мы обнаружили 10 подходящих работ. Аналогичная ситуация сложилась при подсчете частоты спондилодеза (4 и 7 исследований соответственно) и всех прочих исследуемых параметров.

В нашем исследовании не были выявлены достоверные различия между ГНТ и ТАФ в продолжительности операции, интраоперационной кровопотере, частоте развития имплант-ассоциированных осложнений и спондилодеза. Следует отметить тенденцию к смещению результатов в сторону ГНТ для таких параметров, как ранение ПА и частота спондилодеза. Это смещение обусловлено в основном 1 работой — P. Vergara и соавт., которые продемонстрировали одну из самых больших в литературе выборок пациентов с повреждением ПА при ТАФ (13,2 %) [3]. Частота ранения ПА высокочувствительна к таким интраоперационным параметрам, как способ иммобилизации головы, метод визуализации, способ установки винта и т.д. [26]. К сожалению, P. Vergara и соавт. [3] не описывают технику операций в данной статье. Более того, на одном из рентгеновских снимков, отражающих несостоятельность фиксации при ТАФ, можно увидеть полнорезьбовые винты. Данные импланты являются достоверным фактором риска развития несращения C_1 – C_2 -позвонков [27], что, по-видимому, и обуславливает низкую частоту спондилодеза после ТАФ в работе P. Vergara и соавт.

Таким образом, в нашем исследовании мы наглядно продемонстрировали отсутствие достоверных различий в продолжительности операции, интраоперационной кровопотере, частоте развития имплант-ассоциированных осложнений и исходах между 2 наиболее популярными методами спондилодеза C_1 – C_2 -позвонков. С нашей точки зрения, метод ТАФ более привлекателен в силу более низкой стоимости имплантов (всего 2 винта) и широких возможностей для минимально инвазивного исполнения [28–31]. Метод ГНТ более предпочтителен при аномалии развития краниовертебрального перехода, а также при невозможности полного вправления атлантаоаксиальной дислокации. При этом полностью перкутанное выполнение ГНТ не представляется возможным в силу крайней близости точек введения винтов к ПА. На наш взгляд, каждый хирург, выполняющий стабилизирующее вмешательство на краниовертебральном уровне,

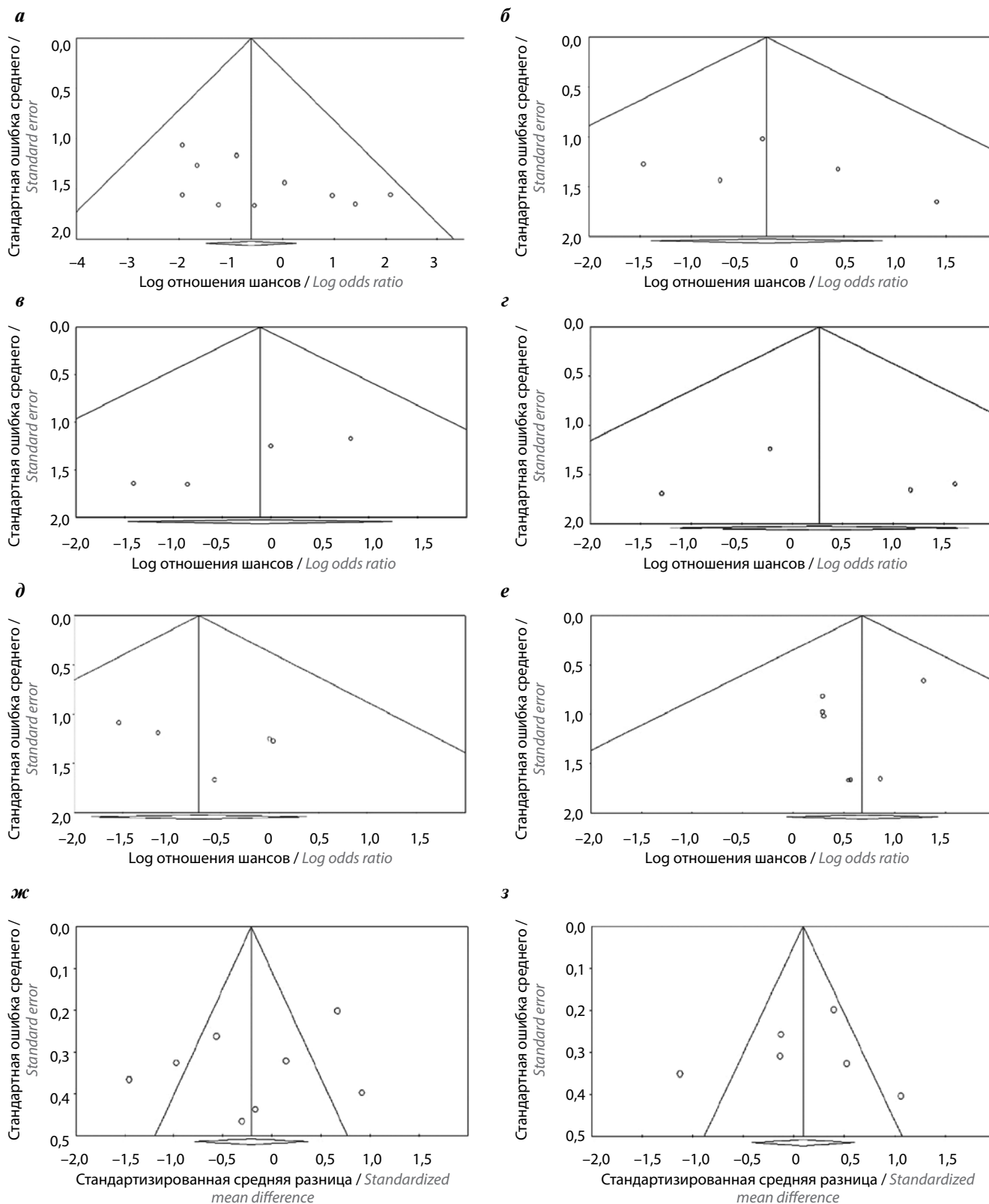


Рис. 10. Воронкообразные диаграммы включенных в метаанализ исследований для следующих параметров: а – ранение позвоночной артерии; б – мальпозиция винта в направлении позвоночной артерии; в – другие виды мальпозиций; г – послеоперационная радикулопатия C_2 ; д – несостоятельность фиксации; е – формирование спондилодеза; ж – продолжительность операции; з – интраоперационная кровопотеря

Fig. 10. Funnel plots of the studies included in the meta-analysis for the following parameters: а – vertebral artery injury; б – screw malposition in the direction of the vertebral artery; в – other types of malpositions; г – postoperative C_2 radiculopathy; д – fixation failure; е – spinal fusion formation; ж – operative time; з – intraoperative blood loss

должен владеть обоими методами спондилодеза C_1-C_2 , что позволит ему выбрать наименее инвазивный и, соответственно, оптимальный для пациента вариант хирургического вмешательства.

Существенным ограничением выполненного нами метаанализа является отсутствие в нем исследований с высоким уровнем доказательности. Наличие рандомизированных исследований позволило бы сформулировать конкретные рекомендации по выбору того или иного метода спондилодеза C_1-C_2 -позвонков с внесением корректировок в последующие редакции соответствующих рекомендательных протоколов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном метаанализе мы не обнаружили достоверных различий между методами Goel–Harms и F. Magerl как в показателях продолжительности операции и интраоперационной кровопотери, так и в частоте развития послеоперационных имплант-ассоциированных осложнений и спондилодеза C_1-C_2 -позвонков. Исследования с высоким уровнем доказательности должны быть проведены в будущем для формирования рекомендаций в отношении выбора оптимального метода стабилизации атлантоаксиального комплекса.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Magerl F., Seemann P.S. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: *Cervical spine I*. Ed. by P. Kehr, A. Weldner. New York: Springer-Verlag, 1987. Pp. 322–327.
- Goel A., Laheri V.K. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;129(1–2):47–53. DOI: 10.1007/BF01400872
- Vérgara P., Bal J.S., Hickman Casey A.T. et al. C_1-C_2 posterior fixation: are 4 screws better than 2? *Neurosurgery* 2012;71(1 Suppl Operative):86–95. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318243180a
- Chang K.C., Samartzis D., Fuego S.M. et al. The effect of excision of the posterior arch of C_1 on C_1/C_2 fusion using transarticular screws. *Bone Joint J* 2013;95-B(7):972–6. DOI: 10.1302/0301-620X.95B7.30598
- Elliott R.E., Tanweer O., Boah A. et al. Outcome comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs: meta-analysis and review of literature. *J Spinal Disord Tech* 2014;27(1):11–28. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318277da19
- Elliott R.E., Tanweer O., Boah A. et al. Comparison of screw malposition and vertebral artery injury of C_2 pedicle and transarticular screws: meta-analysis and review of the literature. *J Spinal Disord Tech* 2014;27(6):305–15. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31825d5daa
- Chang M.C., Seok H.G., Choo Y.J., Lee G.W. The comparison between transarticular screw fixation and segmental screw-rod fixation for posterior fusion of the $C1-2$ segment: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2022;164:e1007–14. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.05.086
- Moher D., Liberati A., Tetzlaff J. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009;6(7):e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed1000097
- Higgins J.P., Thompson S.G., Deeks J.J., Altman D.G. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003;327(7414):557–60. DOI: 10.1136/bmj.327.7414.557
- El Masry M.A., El Assuity W.I., Sadek F.Z., Salah H. Two methods of atlantoaxial stabilisation for atlantoaxial instability. *Acta Orthop Belg* 2007;73(6):741–6.
- Lee S.H., Kim E.S., Sung J.K. et al. Clinical and radiological comparison of treatment of atlantoaxial instability by posterior $C1-C2$ transarticular screw fixation or $C1$ lateral mass- $C2$ pedicle screw fixation. *J Clin Neurosci* 2010;17(7):886–92. DOI: 10.1016/j.jocn.2009.10.008
- Yoshida G., Kamiya M., Yoshihara H. et al. Subaxial sagittal alignment and adjacent-segment degeneration after atlantoaxial fixation performed using $C-1$ lateral mass and $C-2$ pedicle screws or transarticular screws. *J Neurosurg Spine* 2010;13(4):443–50. DOI: 10.3171/2010.4.SPINE09662
- Weng C., Tian W., Li Z.Y. et al. Surgical management of symptomatic os odontoideum with posterior screw fixation performed using the Magerl and Harms techniques with intraoperative 3-dimensional fluoroscopy-based navigation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37(21):1839–46. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182578fd8
- Kim J.Y., Oh C.H., Yoon S.H. et al. Comparison of outcomes after atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs. *J Korean Neurosurg Soc* 2014;55(5):255–60. DOI: 10.3340/jkns.2014.55.5.255
- Dunn R.N., Stander H. Atlanto-axial fusion: Magerl transarticular versus Harms instrumentation techniques. *SA Orthopaedic Journal* 2014;13(2):31–4.
- Oshima S., Sudo H., Ito M., Abumi K. Subaxial sagittal alignment after atlantoaxial fixation techniques. *J Spinal Disord Tech* 2015;28(1):E49–55. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000144
- Ni B., Zhao W., Guo Q. et al. Comparison of outcomes between $C1-C2$ screw-hook fixation and $C1-C2$ screw-rod fixation for treating reducible atlantoaxial dislocation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(20):1587–93. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002152
- Rajinda P., Towiwat S., Chirappapha P. Comparison of outcomes after atlantoaxial fusion with $C1$ lateral mass- $C2$ pedicle screws and $C1-C2$ transarticular screws. *Eur Spine J* 2017;26(4):1064–72. DOI: 10.1007/s00586-016-4829-1
- Ryu J.I., Bak K.H., Kim J.M., Chun H.J. Comparison of transarticular screw fixation and $C1$ lateral mass- $C2$ pedicle screw fixation in patients with rheumatoid arthritis with atlantoaxial instability. *World Neurosurg* 2017;99:179–85. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.12.028
- Velho V., Giri S.A. Management of atlanto-axial dislocation, a case based approach: an institutional experience. *Clin Surg* 2018;3:2274.
- Wada K., Tamaki R., Inoue T. et al. Comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and $C1$ lateral mass- $C2$ screws using intraoperative O-arm navigation. *World Neurosurg* 2020;141:e1005–e9. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.06.149
- Bunmaprasert T., Trirattanapikul V., Sugandhavesa N. et al. Reducible nonunited type II odontoid fracture with atlantoaxial instability: outcomes of two different fixation techniques. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(15):7990. DOI: 10.3390/ijerph18157990
- Kleinstück F.S., Fekete T.F., Loibl M. et al. Patient-rated outcome after atlantoaxial ($C1-C2$) fusion: more than a decade of evaluation of 2-year outcomes in 126 patients. *Eur Spine J* 2021;30(12):3620–30. DOI: 10.1007/s00586-021-06959-1
- Tatter C., Fletcher-Sandersjö A., Persson O. et al. Fluoroscopy-assisted $C1-C2$ posterior fixation for atlantoaxial instability: a single-center case series of 78 patients. *Medicina (Kaunas)* 2022;58(1):114. DOI: 10.3390/medicina58010114

25. Lvov I., Grin A., Talypov A. et al. Efficacy and safety of Goel–Harms technique in upper cervical spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2022;167:e1169–e84. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.09.016
26. Lvov I., Grin A., Talypov A. et al. Potential intraoperative factors of screw-related complications following posterior transarticular C1–C2 fixation: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2019;28(2):400–20. DOI: 10.1007/s00586-018-5830-7
27. Koepke L.G., Heuer A., Stangenberg M. et al. The limitations of fully threaded screws in isolated percutaneous transarticular screw fixation of C₁/C₂. *Sci Rep* 2022;12(1):6484. DOI: 10.1038/s41598-022-10447-x
28. Dimitriou J., Garvayo M., Coll J.B. Minimally invasive posterior percutaneous transarticular C₁–C₂ screws: how I do it. *Acta Neurochir (Wien)* 2020;162(9):2047–50. DOI: 10.1007/s00701-020-04478-4
29. Alhashash M., Shousha M., Gendy H. et al. Percutaneous posterior transarticular atlantoaxial fixation for the treatment of odontoid fractures in the elderly: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(11):761–6. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002417
30. Lvov I., Grin A., Godkov I. et al. Posterior percutaneous transarticular stand-alone screw instrumentation of C₁–C₂ with endoscopic assistance: a report of two cases. *Neurocirugia (Astur: Engl Ed)*. 2021;32(2):78–83. (In Engl., Spanish). DOI: 10.1016/j.neucir.2019.08.006
31. Lvov I., Grin A., Kordonskiy A. et al. Minimally invasive posterior transarticular stand-alone screw instrumentation of C₁–C₂ using a transmuscular approach: description of technique, results and comparison with posterior midline exposure. *World Neurosurg* 2019;128:e796–e805. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.04.259

Вклад авторов

А.А. Гринь, А.Э. Талыпов, А.Ю. Кордонский, З.А. Барбакадзе: разработка дизайна исследования, сбор данных для анализа, анализ полученных данных, в том числе статистический, написание текста статьи.

Authors' contributions

A.A. Grin, A.E. Talypov, A.Yu. Kordonskiy, Z.A. Barbakadze: research design development, data collection for analysis, analysis of the data obtained, including statistical analysis, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

А.Э. Талыпов / A.E. Talypov: <https://orcid.org/0000-0002-6789-8164>

А.Ю. Кордонский / A.Yu. Kordonskiy: <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>

З.А. Барбакадзе / Z.A. Barbakadze: <https://orcid.org/0000-0003-3835-4317>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

ОККЛЮЗИЯ ВСЕХ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В КРОВΟΣНАБЖЕНИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

С.А. Прозоров¹, В.Н. Шиповский²

¹ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1

Контакты: Сергей Анатольевич Прозоров surgeonserge@mail.ru

Окклюзия всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга, встречается чрезвычайно редко, развивается медленно и может протекать как с выраженными симптомами, так и с незначительными проявлениями. Сосуды могут быть поражены на разных уровнях, в зависимости от этого возникают различные пути коллатерального кровотока, имеющие огромное значение. В обзоре рассмотрены методы визуализации и лечения при данной патологии.

Ключевые слова: окклюзия сонных артерий, окклюзия вертебральных артерий, коллатеральное кровоснабжение, болезнь мойамойа

Для цитирования: Прозоров С.А., Шиповский В.Н. Окклюзия всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга. Нейрохирургия 2024;26(2):112–21.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-112-121>

Occlusion of all major arteries involved in blood supply to the brain

S.A. Prozorov¹, V.N. Shipovskiy²

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia

Contacts: Sergey Anatolievich Prozorov surgeonserge@mail.ru

Occlusion of all the main arteries involved in the blood supply to the brain is extremely rare, develops slowly and can occur with both pronounced symptoms and minor manifestations. Vascular damage can be at different levels, depending on this, there are different ways of collateral blood flow, which are of great importance. The review discusses the methods of visualization and treatment for this pathology.

Keywords: carotid artery occlusion, vertebral artery occlusion, collateral blood supply, moyamoya disease

For citation: Prozorov S.A., Shipovskiy V.N. Occlusion of all major arteries involved in blood supply to the brain. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2024;26(2):112–21. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-112-121>

ВВЕДЕНИЕ

Тридцать два года назад, 11.06.1992, при ангиографическом исследовании у больного пожилого возраста нами была выявлена атеросклеротическая окклюзия брахиоцефальной артерии (БЦА), левой общей сонной артерии (ОСА) и начального отдела левой подключичной артерии (ПА) (см. рисунок). Заполнение контраст-

ным препаратом сонных, ПА и вертебральных артерий (ВА) происходило через сеть коллатералей. У больного не было выраженного неврологического дефицита, явных нарушений интеллекта. К сожалению, это наблюдение тогда не было нами описано, история болезни не сохранилась, осталась только ангиограмма. За последующие 32 года работы в качестве специалистов

по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению авторы данной статьи с подобной патологией не встречались.

Цель настоящей работы — изучение по данным литературы клинических проявлений, вариантов патологии и локализации, методов визуализации и лечения пациентов с окклюзией всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга.

ОККЛЮЗИЯ ВСЕХ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В КРОВΟΣНАБЖЕНИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА Этиология, характер течения, симптоматика

Поиск в базах данных научной литературы позволил обнаружить 11 публикаций, начиная с работы W.H. Hardesty 1968 г. [1], с описанием 12 случаев окклюзии всех магистральных артерий в различных вариантах. Информация из 2 источников [2, 3] неполная, при цитировании этих источников учтены данные об этих публикациях, приведенные в работе G. Brzezicki и соавт. [4]. Почти во всех публикациях описаны единичные случаи, только Y. Okada и соавт. [5] представили сведения о 2 пациентках в возрасте 44 и 51 года. Основные данные о пациентах приведены в таблице [1–11].

Характеристика пациентов. Из 12 пациентов с окклюзией всех магистральных артерий было 7 мужчин и 4 женщины, по 1 случаю данные недоступны. Возраст — от 4 до 72 лет: пациенты молодого возраста (4, 13, 18, 30 лет) и старшей возрастной группы (44, 46, 51, 55, 56, 56, 72 лет), по 1 пациенту данных нет.

Этиология. В 3 сообщениях [1, 6, 7] авторы указали на атеросклеротическое поражение магистральных сосудов, в 3 наблюдениях [8–10] оценили выявленную патологию как болезнь мойамойа — прогрессирующее цереброваскулярное заболевание, которое характеризуется двусторонним поражением дистальных отделов внутренних сонных артерий (ВСА), начальных сегментов передней мозговой артерии (ПМА) и средней мозговой артерии (СМА) вплоть до их окклюзии с вовлечением в дальнейшем вертебрально-базиллярного бассейна с развитием выраженной сети коллатералей, которые на ангиограммах выглядят как «облачко дыма».

G. Brzezicki и соавт. отметили курение, семейный анамнез и гиперлипидемию как первичные факторы риска [4].

A.S. Smith и соавт. наблюдали мальчика 4 лет с синдромом Хатчинсона—Гилфорда (Hutchinson—Gilford), или прогерией [11]. У пациентов с прогерией отмечаются



Данные контрастного исследования больного с окклюзией магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга, от 11.06.1992: а — окклюзия брахиоцефальной артерии, через коллатерали заполняется дистальный отдел артерии (белая стрелка); левая общая сонная артерия не контрастируется; окклюзия левой подключичной артерии, через коллатерали заполняются постокклюзионный отдел подключичной артерии (черная стрелка) и левая вертебральная артерия; б — схема исследования (черным цветом изображены окклюзированные сегменты артерий)

Contrast study of a patient with occlusion of the main arteries involved in blood supply to the brain from 11.06.1992: a — occlusion of the brachiocephalic artery, the distal segment of the artery is contrasted through the collaterals (white arrow); the left common carotid artery is not contrasted; occlusion of the left subclavian artery, the postocclusive segment of the subclavian artery (black arrow) and the left vertebral artery is contrasted through the collaterals; б — the scheme of the presented study (the occluded segments of the arteries are depicted in black)

Случаи пациентов с окклюзией всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга, описанные в литературе
Cases of patients with occlusion of all main arteries supplying blood to the brain, literature data

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Пол Sex	Возраст, лет Age, year	Этиология Etiology	Методы визуализации* Imaging technique*	Особенности окклюзии артерий Features of arterial occlusion	Лечение Treatment	Исходы, отдаленные результаты Outcomes, long-term results
W.H. Hardesty, 1968 [1]	Мужской Male	56	Атеросклероз Atherosclerosis	АГ AG	Билатеральная окклюзия ВСА и ВА, стеноз левой ВСА Bilateral occlusion of the ICA and VA, stenosis of the left ICA	Попытка эндартерэктомии из левой ВСА, восстановление левой НСА, через год повторная эндартерэктомия из левой НСА с наложением заплат Attempt of endarterectomy from the left ICA, a year later repeat repair of the left ICA, a year later repeat endarterectomy from the left ICA with patching	Выписан без неврологического дефицита. Отдаленные результаты – нет данных Discharged without neurologic deficit. Long-term results – no data
H.J. Bamett, 1979 [2]	Нет данных No data	Нет данных No data	Нет данных No data	Нет данных No data	Окклюзия обеих ВСА и дистальных частей ВА Occlusion of both ICAs and distal parts of VAs	Нет данных No data	Нет данных No data
J. Bogousslavsky, 1986 [3]	Мужской Male	56	Нет данных No data	Нет данных No data	Билатеральная окклюзия ВСА и ВА Bilateral occlusion of the ICAs and VAs	Формирование шунта между правыми поверхностной височной артерией и СМА Bypass between the right superficial temporal artery and MCA	Остаточные явления, без новых симптомов в течение 8 лет Residual effects, no new symptoms in 8 years
G. Brzezicki и соавт., 2014 [4] G. Brzezicki et al., 2014 [4]	Мужской Male	46	Курение, семейный анамнез, гиперлипидемия Smoking, family history, hyperlipidemia	КТ, АГ CT, AG	Окклюзия БЦА, левой ОСА, левой ПА, проксимальная окклюзия сегмента М1 левой СМА Occlusion of the BCA, left ICA, right SA; proximal occlusion of M1 segment of the left MCA	Введение внутривенно тканевого активатора плазминогена без эффекта, баллонная ангиопластика, введение тканевого активатора плазминогена с незначительным эффектом, удаление тромба с помощью ретривера, имплантация стента. Лекарственная терапия: аспирин и клопидогрель. Через 2 мес – реконструкция дуги аорты с использованием бифуркационного протеза: одна бранша соединена с БЦА, другая бранша – с левой ОСА Administration of intravenous tissue activator plasminogen without effect, balloon angioplasty, administration of intravenous tissue activator plasminogen with insignificant effect, thrombus removal with a retriever, stent implantation. Drug therapy: aspirin and clopidogrel. 2 months later, reconstruction of the aortic arch using a bifurcated prosthesis: one branch attached to the BCA, other branch to the left CCA	Уменьшение явлений правостороннего гемипареза и афазии. Обследование через 1 и 3 года: умеренная слабость правой руки и умеренная афазия. КТА показала проходимость стента и бифуркационного протеза Decreased manifestations of right-sided hemiparesis and aphasia. Examination after 1 and 3 years: moderate weakness of the right arm and moderate aphasia. CTA showed patency of the stent and bifurcation prosthesis
Y. Okada и соавт., 1998 [5] Y. Okada et al., 1998 [5]	Женский Female	44	Нет данных No data	КТ, МРА, АГ, одnofотонная эмиссионная КТ с ксеноном-133 CT, MRA, AG, xenon-133 single-photon emission CT	Окклюзия обеих ВСА, интракраниальных отделов ВА, базиллярной артерии Occlusion of both ICAs, intracranial parts of the VAs, basilar artery	Нет данных No data	В течение 30 мес не было симптомов ишемии No ischemia symptoms in 30 months

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Пол Sex	Возраст, лет Age, year	Этиология Etiology	Методы визуализации* Imaging technique*	Особенности окклюзии артерий Features of arterial occlusion	Лечение Treatment	Исходы, отдаленные результаты Outcomes, long-term results
Y. Okada и соавт., 1998 [5] Y. Okada et al., 1998 [5]	Женский Female	51	Нет данных No data	КТ, МРА, АГ, одnofотонная эмиссионная КТ с ксеноном-133 CT, MRA, AG, xenon-133 single-photon emission CT	Билатеральная окклюзия ВСА и ВА Bilateral occlusion of ICA and VA	Нет данных No data	Выписана без осложнений. Отдаленные результаты — нет данных Discharged without complications. Long-term results — no data
J.J. Vitek и соавт., 1972 [6] J.J. Vitek et al., 1972 [6]	Мужской Male	55	Атеросклероз Atherosclerosis	АГ AG	Окклюзия обеих ВА, левой ОСА, правой ВСА, стеноз 95 % правой НСА, стенозы ПА и БЦА Occlusion of both VAs, left CCA, right ECA; 95 % stenosis of the right ECA, stenosis of the SAs and BCA	В анамнезе эндартерэктомия из левой ВСА (стеноз 90 %), консервативная терапия (кумадин) History of endarterectomy from the left ICA (90 % stenosis), conservative therapy (coumadin)	Больной наблюдался в течение 10 лет. Через 3 мес после последней госпитализации: атрофия зрительного нерва левого глаза, остальные симптомы регрессировали The patient was observed for 10 years. 3 months after the last hospitalization: optic nerve atrophy of the left eye, other symptoms regressed
К. Конака и соавт., 2009 [7] K. Konaka et al., 2009 [7]	Мужской Male	72	Атеросклероз Atherosclerosis	КТ, УЗИ, АГ, МРТ CT, US, AG, MRI	Окклюзия ВСА с обеих сторон, левой ВА в устье, свежая тромботическая окклюзия в устье правой ВА Occlusion of the ICA in both sides, left VA at the entrance; fresh thrombotic occlusion in at the entrance of right VA	Нет данных No data	Летальный исход Death
S. Miyamoto и соавт., 1984 [8] S. Miyamoto et al., 1984 [8]	Женский Female	13	Болезнь moyamoya Moyamoya disease	АГ, КТ AG, CT	Окклюзия обеих ВСА, обеих ВА на уровне краниовертебрального соединения Occlusion of both ICAs, both VAs at the craniovertebral junction level	Заболевание обнаружено в возрасте 1 года, проводилось консервативное лечение. В возрасте 8 лет — энцефаломыоинангиоз справа Disease diagnosed at 1 year of age, conservative treatment was performed. At 8 years, encephalomyosinangiosis on the right	Стабильное состояние. Отдаленные результаты — нет данных Stable condition. Long-term results — no data

Окончание таблицы
End of table

Авторы, год публикации Authors, year of publication	Пол Sex	Возраст, лет Age, year	Этиология Etiology	Методы визуализации* Imaging technique*	Особенности окклюзии артерий Features of arterial occlusion	Лечение Treatment	Исходы, отдаленные результаты Outcomes, long-term results
Y. Kinoshita и соавт., 1998 [9] Y. Kinoshita et al., 1998 [9]	Мужской Male	30	Болезнь moyamoya Moyamoya disease	КТ, МРТ, АГ CT, MRI, AG	Окклюзия интракраниальных отделов ВСА с обеих сторон, правой ВА в сегментах V2–V3, разрыв коллатеральных артерий Occlusion of the intracranial parts of ICA on both sides, right VA at segments V2–V3, left VA at segment V4; severance of the collateral arteries	Нет данных No data	Постепенная ремиссия, выписан с легкой дисфагией, нистагмом, нарушением чувствительности. В течение 56 мес – без ухудшения Gradual remission, discharged with light dysphagia, nystagmus, abnormal sensitivity. No decline in 56 months
X. Deng и соавт., 2017 [10] X. Deng et al., 2017 [10]	Женский Female	18	Болезнь moyamoya Moyamoya disease	МРТ, АГ MRI, AG	Билатеральная окклюзия дистальных отделов ВСА и ВА Bilateral occlusion of the distal parts of the ICA and VA	Нет данных No data	Нет данных No data
A. S. Smith и соавт., 1993 [11] A. S. Smith et al., 1993 [11]	Мужской Male	4	Синдром Хатчинсона – Гилфорда (прогерия) Hutchinson – Gilford progeria syndrome	МРТ, МРА MRI, MRA	Окклюзия проксимальных отделов ВСА и устьев ВА с обеих сторон Occlusion of the proximal parts of ICA and VA entrances on both sides	Нет данных No data	Постепенный регресс явлений гемипареза, по данным МРА через 6 мес – без изменений Gradual regression of hemiparesis manifestations, MRA after 6 months showed no changes

* Методы визуализации по каждому случаю приведены в том порядке, в котором их изложили авторы работ.

* Imaging techniques for each case are presented in the order in which they were described by the authors of the publications.

Примечание. АГ – ангиография; КТ – компьютерная томография; МРТ – магнитно-резонансная томография; МРА – магнитно-резонансная ангиография; УЗИ – ультразвуковое исследование; КТА – компьютерная томографическая ангиография; ВСА – внутренняя сонная артерия; ВА – вертебральная артерия; НСА – наружная сонная артерия; ОСА – общая сонная артерия; БЦА – брахиоцефальная артерия; ПА – подключичная артерия; СМА – средняя мозговая артерия.

Note. AG – angiography; CT – computed tomography; MRI – magnetic resonance imaging; MRA – magnetic resonance angiography; US – ultrasound exam; CTA – computed tomography angiography; ICA – internal carotid artery; VA – vertebral artery; ECA – external carotid artery; CCA – common carotid artery; BCA – brachiocephalic artery; SA – subclavian artery; MCA – middle cerebral artery.

преждевременное атеросклеротическое поражение сердечно-сосудистой системы, субинтимальный фиброз. Согласно одной из теорий, эндотелий не способен адекватно восстанавливаться, что приводит к образованию атеросклеротических бляшек.

В 4 рассмотренных работах указаний на этиологию заболеваний нет.

Характер течения заболевания. Хроническое течение отмечено у всех больных, у 3 из них на этом фоне развились острые явления, вызванные: кровоизлиянием из-за разрыва расширенных коллатеральных артерий вокруг окклюзированного участка левой ВА при болезни мойамойа [9]; разрывом атеросклеротической бляшки в устье правой ВА с тромбозом [7]; тромбозом левой СМА [4].

Симптоматика. В анамнезе у 3 пациентов отмечены от 1 до 3 инсультов [2, 3, 7]. При поступлении в лечебные учреждения клиническая картина варьировала от минимального неврологического дефицита и отсутствия очаговых признаков поражения до коматозного состояния.

Так, при обследовании пациента 56 лет был выявлен минимальный неврологический дефицит: наблюдались транзиторные ишемические эпизоды из-за стенозов коллатералей, эпизоды головокружений и обмороков, синкопального состояния, скотомы обоих глаз [1].

В другом наблюдении у 30-летнего мужчины не было проявлений ишемии головного мозга или кровоизлияний, однако внезапно появились одышка, дисфагия и левостороннее нарушение чувствительности. Неврологическое обследование выявило вертикальный нистагм, паралич IX, XI, XII черепно-мозговых нервов слева, атаксию и сенсомоторные нарушения с левой стороны [9].

У мальчика 4 лет с синдромом Хатчинсона–Гилфорда (прогерия) развились преходящие эпизоды головных болей, слюнотечение, возникли правосторонние тонические судороги, после которых появилась слабость в правой руке и ноге. Обследование показало снижение пульсации левой сонной артерии с наличием систолического шума, отсутствие асимметрии лица [11].

По данным анамнеза поступившей в клинику 13-летней девочки, в возрасте 1 года у нее внезапно развилась правосторонняя гемиплегия. Постепенная полная ремиссия наступила в течение последующих 2 лет, однако затем появились судорожные движения, правосторонняя гемиплегия, нарушение речи и глотания. Консервативное лечение проводилось в течение 5 лет. Несмотря на умственную отсталость и тетрапарез (больше на правой стороне), она могла ходить и поднимать руки. Также присутствовали дисфагия, дизартрия и дисфония, вызванная слабостью мышц гортани. После операции энцефаломиосинангиоза (encephalomyosynangiosis) с правой стороны ишемических атак не наблюдалось в течение 6 лет. При повторной госпитализации неврологический статус пациентки был

почти таким же, как и после операции, за исключением дисметрии, но она компенсировала это с помощью зрения (поля зрения были сохранены) [8].

G. Brzezicki и соавт. описали случай 46-летнего мужчины, у которого появились симптомы инсульта левого полушария: выраженный правый гемипарез со следовыми движениями в нижней конечности, афазия и заметное опущение мышц лица, более высокое артериальное давление в нижних конечностях по сравнению с верхними (разница 100 мм рт. ст.) [4].

К. Konaka и соавт. сообщили о случае 72-летнего мужчины, который был госпитализирован из-за нарушения сознания. В анамнезе имел место инфаркт головного мозга. При поступлении температура тела достигала 39,6 °С. Пациент находился в коматозном состоянии (4 балла по шкале комы Глазго), отмечалась ригидность мышц шеи и конечностей. Зрачки были круглыми и изокорическими — 2,5 мм в диаметре с обеих сторон, реакция на свет и глазные рефлексы отсутствовали. Температура тела повысилась до 40,4 °С. Дыхательная функция ухудшалась по мере прогрессирования отека мозга [7].

Методы визуализации

Основное значение при диагностике рассматриваемой патологии имеют ангиография (АГ), магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная ангиография (МРА), компьютерная томография (КТ) и компьютерно-томографическая ангиография (КТА).

Использование методов визуализации позволяло получить данные: 1) об остром инфаркте; 2) состоянии структур головного мозга и изменениях в них, вызванных ранее перенесенными нарушениями мозгового кровообращения; 3) локализации поражения артерий, путей коллатерального кровотока.

Церебральная АГ является традиционным методом диагностики цереброваскулярных поражений.

Магнитно-резонансная АГ позволяет выявить у пациентов с умеренным неврологическим дефицитом, а также (при использовании в качестве скринингового метода) при бессимптомных нарушениях мозгового кровообращения обширные окклюзионные поражения, иногда с необычными формами коллатерального кровотока [5]. Так, в одном из описанных наблюдений родители 4-летнего пациента предпочли МРА традиционной АГ из-за ее неинвазивного характера и использования только седативных средств, а не общей анестезии [11].

Другие методы диагностики использовались редко, как вспомогательные. Регионарный мозговой кровоток измеряли с помощью однофотонной эмиссионной КТ с использованием ксенона-133 (¹³³Xe); картирование этим методом показало, что обе лобные доли пациентки имели умеренно низкую перфузию [5]. При ультразвуковой доплерографии был выявлен стеноз базилярной артерии [7].

Ни в одной из 11 публикаций авторы не указывают на какой-либо алгоритм инструментального обследования на основании своего опыта (по 1 больному почти во всех наблюдениях). Использование диагностических методов представлено в таблице в той последовательности, в какой ее изложили авторы. В ранних сообщениях единственным методом была церебральная АГ. В настоящее время на первый план выходят неинвазивные методы. A.S. Smith и соавт. [11] считают, что диагностика может быть ограничена МРА.

Варианты локализации поражения магистральных артерий. Коллатеральное кровоснабжение головного мозга

Возможны разные варианты локализации окклюзий магистральных артерий: проксимальные окклюзии; дистальные окклюзии ВСА и ВА; смешанный вариант — окклюзия одних артерий в проксимальных отделах, а других артерий — в дистальных отделах. Соответственно, сеть коллатералей, обеспечивающая кровоснабжение головного мозга, значительно отличается при окклюзии различных сегментов магистральных артерий.

Проксимальная окклюзия — наиболее редкий вариант патологии. G. Brzezicki и соавт. [4] при АГ обнаружили у пациента окклюзию БЦА, левой ОСА и левой ПА, позднее заполнение контрастным препаратом этих артерий по множеству aberrантных коллатералей, отходящих непосредственно от дуги аорты и межреберных артерий. Также при КТ был заподозрен тромбоз левой СМА, что в последующем подтвердилось при эндоваскулярном лечении.

Дистальная окклюзия может наблюдаться в различных подвариантах: окклюзия ВСА в области бифуркации или в интракраниальном отделе; окклюзия ВА на уровне C_2 — C_3 или в самом дистальном сегменте.

H.J. Barnett выявил окклюзию обеих ВСА и дистальных частей ВА [2].

Y. Okada и соавт. [5] описали 2 наблюдения. У пациентки 44 лет была обнаружена окклюзия обеих ВСА и интракраниальных отделов ВА, базилярная артерия четко не определялась, имелись хорошо развитая сосудистая сеть у основания черепа, которая в основном исходила из верхнечелюстных артерий, перетоки через трансдуральные анастомозы из ВА.

У второй пациентки, 51 года, выявлена окклюзия правой ВСА на уровне C_2 — C_3 , окклюзия левой ВСА на уровне бифуркации; коллатерали были хорошо развиты, но у основания мозга не было сосудов мойамойа. Контрастирование правой ВА заканчивалось на уровне C_1 — C_2 , имелись анастомозы с инфратенториальными менингеальными артериями. Левая ВА была окклюзирована на уровне C_2 , через коллатерали заполнялись дистальная часть ВА, хорошо развитая передняя спинномозговая артерия и базилярная артерия.

S. Miyamoto и соавт. [8] при АГ у 13-летнего ребенка обнаружили двустороннюю окклюзию ВСА в зоне бифуркации и сосуды мойамойа. АГ правой наружной сонной артерии (НСА) показала заполнение ПМА через сосуды мойамойа из верхнечелюстной артерии. Правая задняя мозговая артерия и базилярная артерия заполнялись ретроградно из тенториальной артерии. Обе ВА были окклюзированы на уровне краниовертебрального соединения. Базилярная артерия заполнялась из передней спинномозговой артерии через примитивный боковой анастомотический канал Педжета. Визуализированы как лептоменингеальный анастомоз между верхней мозжечковой артерией и задней нижней мозжечковой артерией, так и трансдуральный анастомоз между верхней мозжечковой артерией и задней менингеальной артерией. По данным АГ при повторной госпитализации церебральное кровоснабжение осуществлялось в основном из обеих НСА через энцефаломиосинангиоз и менингеальные каналы, была отмечена двусторонняя окклюзия ВСА и ВА и несколько анастомозов вокруг ствола мозга: 1) похожие на мойамойа эмбриологические каналы между передней спинномозговой артерией и базилярной артерией, которые рассматривались как примитивный боковой анастомотический канал Педжета; 2) анастомоз между задней нижней мозжечковой артерией и задней спинномозговой артерией; 3) трансдуральный анастомоз между задней мозговой артерией ВА и верхней мозжечковой артерией; 4) хорошо развитая тенториальная артерия, питающая заднюю мозговую артерию ретроградно; 5) лептоменингеальный анастомоз между задней нижней мозжечковой артерией и верхней мозжечковой артерией.

В наблюдении Y. Kinoshita и соавт. [9] АГ показала окклюзию ВСА с обеих сторон в интракраниальном отделе (C_2) с развитием базальных сосудов мойамойа. Левая ПМА заполнялась через трансдуральные коллатерали из глазной и средней менингеальной артерий, а правая ПМА — через трансдуральные коллатерали из глазной и затылочной артерий. Хорошо развитая тенториальная артерия снабжала заднюю мозговую артерию, а задняя менингеальная артерия анастомозировала с верхней мозжечковой артерией. Правая ВА была окклюзирована в сегментах V2—V3, базилярная артерия заполнялась через переднюю спинномозговую артерию, которая снабжалась многочисленными сегментарными ветвями правой ВА. Левая ВА была окклюзирована на уровне краниовертебрального соединения (V4) с контрастированием конгломерата коллатералей, левая задняя нижняя мозжечковая артерия и базилярная артерия заполнялись через конгломерат коллатералей. Расширенная задняя спинальная артерия отходила от левой позвоночной артерии.

X. Deng и соавт. [10] при АГ выявили у пациентки билатеральную окклюзию ВСА в дистальных отделах, сосуды мойамойа у основания черепа (III стадия

по Судзуки с обеих сторон), окклюзию дистальных отделов обеих ВА. Вокруг участка окклюзии ВА обнаружена аномальная сосудистая сеть, похожая на сосуды мойамойа. Мозговой кровоток был частично компенсирован за счет кровотока из НСА с обеих сторон. Извилистые и расширенные коллатеральные артерии отходили от шейного сегмента ВА с обеих сторон и питали базилярную артерию и задние соединительные артерии.

Смешанный вариант — окклюзия одних артерий в проксимальных отделах и других артерий — в дистальных отделах.

J.J. Vitek и соавт. [6] обнаружили у пациента окклюзию обеих ВА, левой ОСА, правой ВСА, стеноз 95 % правой НСА, атеросклеротические изменения и стенозы ПА и БЦА, мышечные ветви из обеих ПА участвовали в кровоснабжении правой ВА.

J. Vogousslavsky и соавт. [3] выявили билатеральную окклюзию ВСА и ВА.

В наблюдении A.S. Smith и соавт. [11] МРА продемонстрировала двустороннюю окклюзию проксимальных отделов ВСА и устьев ВА с множественными коллатеральными сосудами, через которые осуществлялись перетоки в кавернозную часть левой ВСА и шейные отделы ВА с обеих сторон. Передняя спинномозговая артерия также являлась источником коллатерального кровотока; наблюдалось общее снижение интракраниального кровотока, значительно уменьшенный кровоток в правой ПМА и ветвях СМА. Повышенный сигнал кровотока присутствовал в обеих глазных артериях, что позволяло рассматривать их как коллатерали.

К. Копака и соавт. [7] при АГ у пациента, находящегося в состоянии комы, обнаружили окклюзию ВСА с обеих сторон и левой ВА в устье. Кровоток в интракраниальном отделе правой ВСА осуществлялся из правой глазной артерии. Слабое контрастирование ПМА и СМА указывало на уменьшенный кровоток из правой ВСА. Левая ВА была окклюзирована в начальном сегменте, а левая передняя и задняя нижняя мозжечковые артерии слабо контрастировались из мышечных ветвей. Устье правой ВА было значительно стенозировано, отмечалось слабое контрастирование задней нижней мозжечковой артерии.

W.H. Hardesty [1] при АГ выявил у больного окклюзию обеих ВСА, отсутствие контрастирования обеих ВА; кровоснабжение головного мозга происходило из обеих НСА, левая НСА была значительно стенозирована.

Лечение и исходы

Оперативные вмешательства и консервативное лечение. У одного из пациентов за год до описанной госпитализации была предпринята неудачная попытка эндалтерэктомии из ВСА, восстановлен кровоток по НСА, затем при текущей госпитализации выявлена

реокклюзия НСА, проведена повторная эндалтерэктомия из НСА с наложением заплаты [1]. Другой пациент был оперирован за 10 лет до последней госпитализации — выполнена эндалтерэктомия из левой ВСА [6]. Девочке в возрасте 8 лет (случай которой описан на момент, когда ей было 13 лет) была выполнена левая височно-теменная трепанация черепа, однако ни одна из кортикальных ветвей СМА не была сочтена подходящей для использования в качестве артерии-реципиента для анастомоза, поэтому была проведена транспозиция височной мышцы справа — энцефаломиосинангиоз [8]. В другом наблюдении мужчине 56 лет наложили шунт между правыми поверхностной височной артерией и СМА [3].

Консервативное лечение в ряде случаев было достаточно эффективным. Так, у пациента, который получал кумадин, сохранялась атрофия зрительного нерва левого глаза, остальные симптомы регрессировали в течение 3 мес после последней госпитализации [6]. У мальчика с прогерией повторяющиеся приступы контролировали с помощью терапии фенитоином и карбамазепином. Лечение кумадином было начато по поводу предполагаемой эмболии — правосторонний гемипарез медленно регрессировал, но возникали кратковременные эпизоды левосторонней слабости [11].

Летальный исход среди описанных случаев был один — у мужчины 72 лет, поступившего в состоянии комы [7]. Температура тела у пациента постепенно повышалась — до 40,4 °C, дыхательная функция ухудшалась по мере прогрессирования отека мозга; пациент умер через 18 ч после поступления. При патологоанатомическом исследовании обнаружены обширные свежие инфаркты мозга с обеих сторон, а также признаки старого инфаркта. Выявлена окклюзия левой ВА в устье и обеих проксимальных отделов ВСА. В устье правой ВА обнаружена свежая тромботическая окклюзия, вызванная разрывом атеросклеротической бляшки, в дистальных отделах артерии — тромбы (переход выявленного при АГ стеноза в окклюзию).

В одном из описанных наблюдений эффективно применялись эндоваскулярные методы [4]. У пациента 46 лет появились симптомы инсульта левого полушария, ему ввели внутривенно тканевый активатор плазминогена. Неврологическое состояние пациента не улучшилось, поэтому была проведена экстренная АГ, во время которой выявлена окклюзия БЦА, левой ОСА и левой ПА. С задержкой произошло заполнение контрастным препаратом БЦА и левой ПА по множеству аберрантных коллатералей, а затем в более позднюю фазу наблюдался поток в правую ОСА и левую ВА. Гайд-катетер был установлен в культю левой ОСА, после многочисленных попыток тонкий проводник был проведен через участок окклюзии. Хотя у врачей имелись опасения, связанные с возможностью смещения тромботических масс при реканализации сосуда,

дистальный защитный фильтр не мог быть проведен через узкий канал. Выполнена баллонная ангиопластика (баллонные катетеры 2×12 и 4×12 мм), восстановлен кровоток. Исследование показало проксимальную окклюзию сегмента М1 левой СМА. Через катетер ввели 8 мг тканевого активатора плазминогена, произошло уменьшение сгустка, но тромб оставался окклюзионным. Выполнили удаление тромба из проксимальной части СМА с помощью ретривера, затем извлечение сгустка из веточек М2 с улучшением кровотока, но более дистальная бифуркация, в том числе угловая ветвь, остались окклюзированными. В заключение имплантировали стент $14 \times 4,5$ мм Enterprise intracranial stent (Cordis Neurovascular) с частичным восстановлением кровотока в сосуде. Заключительное исследование продемонстрировало заметное увеличение кровотока через СМА, но ограничение потока в дистальных ветвях и верхней ветви левой СМА.

Пациента перевели в реабилитационное отделение со значительным уменьшением явлений правостороннего гемипареза и афазии. Лекарственная терапия включала ежедневный прием 325 мг аспирина и 75 мг клопидогрела. После реабилитации через 2 мес пациенту была проведена реконструкция дуги аорты с использованием бифуркационного протеза: основная часть подшита к аорте, одна бранша соединена с БЦА, а вторая бранша — с левой ОСА. Левая ПА не была восстановлена, поскольку у пациента не было левой руки и симптомов подключичного обкрадывания.

Таким образом, в 5 (41,67 %) из 12 описанных случаев были выполнены 5 различных видов (по 8,33 %) оперативных вмешательств (см. таблицу) [1, 3, 4, 6, 8].

В зависимости от локализации, характера поражения, наличия адекватного коллатерального кровотока оперативное лечение подбиралось строго индивидуально и было очень различным, поэтому какого-то единого подхода или алгоритма авторы на основании своего опыта лечения (1 больного) не предлагали.

О консервативном лечении части пациентов нет сведений [2, 4, 5, 7, 9, 11].

Отдаленные результаты. Два пациента были выписаны в удовлетворительном состоянии, без жалоб и неврологического дефицита, дальнейшее наблюдение не проводилось [1, 5].

Описаны отдаленные результаты лечения 6 пациентов в сроки от 6 мес до 8 лет: полное отсутствие симптомов ишемии головного мозга, неврологического дефицита отмечено в 1 случае [5]; стабильное состояние без ухудшения, относительно умеренные остаточные явления без новых проявлений цереброваскулярных заболеваний — в 4 случаях [3, 4, 8, 9]; в 1 случае

наблюдался регресс явлений гемипареза, но возникали кратковременные эпизоды левосторонней слабости, МР-АГ продемонстрировала отсутствие динамики изменений [11].

При обследовании пациента после эндоваскулярного вмешательства через 1 и 3 года выявлены умеренные слабость правой руки и афазия. Пациент оставался самостоятельным во всех видах повседневной деятельности. КТА через 1 и 3 года показала проходимость стента, а также заполнение левой ПА дистальнее устья левой ВА [4].

Данные об отдаленных результатах лечения 5 пациентов отсутствуют [1, 2, 5, 8, 10].

В нашем наблюдении (см. выше) стоит отметить 2 особенности: 1) проксимальная окклюзия магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга, является наиболее редким вариантом патологии и описана только в 1 сообщении; 2) у пациента не было неврологического дефицита и явных нарушений интеллекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В очень редких случаях возможна окклюзия всех магистральных артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга. Отмечается некоторое преобладание мужчин среди больных. Эта патология может развиваться как в молодом возрасте, так и у пациентов старшей возрастной группы. Основные этиологические факторы — атеросклероз и болезнь мойамойа. Несмотря на значительное поражение магистральных артерий, клиническая симптоматика может быть относительно умеренной, поскольку окклюзия магистральных артерий развивается медленно, процесс растянут во времени. Основным методом визуализации является АГ, а у детей, при малосимптомном течении и в качестве скрининга — МРА.

При окклюзии всех магистральных сосудов определяющую роль играют коллатерали — их способность обеспечить адекватный церебральный кровоток при минимальных или относительно интактных интракраниальных сосудах. Внезапная окклюзия последнего из 4 сосудов при недостатке коллатерального кровоснабжения может привести к летальному исходу. При умеренном неврологическом дефиците лечение таких больных в основном консервативное. Строго индивидуально у больных с окклюзией всех 4 артерий, участвующих в кровоснабжении головного мозга, могут быть использованы эндоваскулярные технологии и различные реконструктивные операции в зависимости от локализации, характера поражения, наличия адекватного коллатерального кровотока.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Hardesty W.H. Minimum brain deficiency with occlusion of carotid and vertebral arteries bilaterally. *JAMA* 1968;205(7):527–8.
2. Barnett H.J. The pathophysiology of transient cerebral ischemic attacks. *Med Clin North Am* 1979;63(4):649–79. DOI: 10.1016/s0025-7125(16)31667-4
3. Bogousslavsky J., Gates P.C., Fox A.J., Barnett H.J. Bilateral occlusion of vertebral artery: clinical patterns and long-term prognosis. *Neurology* 1986;36(10):1309–15. DOI: 10.1212/wnl.36.10.1309
4. Brzezicki G., Machinis T., Reavey-Cantwell J. Occlusion of all aortic arch great vessels: acute revascularization to perform endovascular stroke therapy. *World Neurosurg* 2014;82(3–4):535.e17–21. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.09.019
5. Okada Y., Shima T., Nishida M., Kagawa R. Magnetic resonance angiography visualization of four vessel (bilateral carotid and vertebral artery) occlusion – two case reports. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1998;38(1):28–33. DOI: 10.2176/nmc.38.28
6. Vitek J.J., Halsey J.H. Jr., McDowell H.A. Occlusion of all four extracranial vessels with minimal clinical symptomatology. Case report. *Stroke* 1972;3(4):462–6. DOI: 10.1161/01.str.3.4.462
7. Konaka K., Miyashita K., Ishibashi-Ueda H., Naritomi H. Severe hyperthermia caused by four-vessel occlusion of main cerebral arteries. *Intern Med* 2009;48(24):2137–40. DOI: 10.2169/internalmedicine.48.2582
8. Miyamoto S., Kikuchi H., Karasawa J. et al. Moyamoya disease associated with bilateral occlusion of the vertebral artery. *Surg Neurol* 1984;22(1):21–8. DOI: 10.1016/0090-3019(84)90222-2
9. Kinoshita Y., Kohshi K., Yokota A. Moyamoya disease of adult onset brain stem haemorrhage associated with bilateral occlusion of the vertebral arteries – case report. *Acta Neurochir (Wien)* 1998;140(2):181–4. DOI: 10.1007/s007010050081
10. Deng X., Zhang D., Zhang Y. et al. Moyamoya disease with occlusion of bilateral vertebral arteries and the basilar artery fed by the collateral vessels of vertebral arteries: a rare case report. *J Clin Neurosci* 2017;42:116–8. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.03.043
11. Smith A.S., Wiznitzer M., Karaman B.A. et al. MRA detection of vascular occlusion in a child with progeria. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993;14(2):441–3.

Вклад авторов

С.А. Прозоров, В.Н. Шиповский: поиск и анализ публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

Authors' contributions

S.A. Prozorov, V.N. Shipovskiy: search and analysis of publications on the topic of the article, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

С.А. Прозоров / S.A. Prozorov: <https://orcid.org/0000-0002-9680-9722>

В.Н. Шиповский / V.N. Shipovskiy: <https://orcid.org/0000-0003-1920-2844>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 18.11.2022. Принята к публикации: 25.01.2024.

Article submitted: 18.11.2022. Accepted for publication: 25.01.2024.

СЕМЕН ИВАНОВИЧ ШУМАКОВ (1913–1995) – ОСНОВАТЕЛЬ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

В.В. Шалин

Пензенский институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; Россия, 440060 Пенза, ул. Стасова, 8а

Контакты: Владислав Витальевич Шалин vladshalin190@gmail.com

Статья посвящена выдающемуся врачу, основоположнику нейрохирургической службы Пензенской области Семёну Ивановичу Шумакову (1913–1995).

Становление нейрохирургической службы в Пензенской области пришлось на середину XX в. С.И. Шумаков – тот человек, который стоял у ее истоков. Развитие нейрохирургии как отдельной ветви клинической медицины в Пензенской области стало возможным благодаря его деятельности. В период работы С.И. Шумакова нейрохирургическая служба претерпела большие изменения: вводились новые методы диагностики и лечения, выполнялись сложные оперативные вмешательства, которые сейчас становятся обыденными. Благодаря его целеустремленности и верности своему делу в Пензенской области и в настоящее время развивается современная нейрохирургия. В статье представлены данные биографии и основные направления работы С.И. Шумакова. Были проанализированы материалы Государственного архива Пензенской области, имеющиеся данные литературы, а также архивы родственников, друзей и учеников.

Ключевые слова: история медицины, нейрохирургия, С.И. Шумаков, Пензенская область, головной мозг

Для цитирования: Шалин В.В. Семен Иванович Шумаков (1913–1995) – основатель нейрохирургической службы Пензенской области (к 110-летию со дня рождения). Нейрохирургия 2024;26(2):122–6.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-122-126>

Semyon Ivanovich Shumakov (1913–1995) – founder of the neurosurgical service of the Penza region (to the 110th anniversary of birth)

V.V. Shalin

Penza Institute of Advanced Medical Training – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia; 8a Stasova St., Penza 440060, Russia

Contacts: Vladislav Vitalievich Shalin vladshalin190@gmail.com

The article is devoted to Semyon Ivanovich Shumakov (1913–1995), an outstanding doctor, the founder of the neurosurgical service of the Penza region.

The formation of the neurosurgical service in the Penza region occurred in the middle of the XX century. S.I. Shumakov is exactly the man who stood at the origins. The development of neurosurgery as a separate branch of clinical medicine in the Penza region became possible thanks to his work. During the work of S.I. Shumakov, the neurosurgical service underwent great changes – new methods of diagnosis and treatment were introduced, as well as complex surgical interventions were carried out, which are now becoming commonplace. Thanks to his dedication and dedication to his work, modern neurosurgery is currently developing in the Penza region.

The data of the biography and the main directions of S.I. Shumakov's work are considered. The data of the materials of the State Archive of the Penza region, the available literature data, as well as the archive of relatives, friends and students were analyzed.

Keywords: history of medicine, neurosurgery, S.I. Shumakov, Penza region, brain

For citation: Shalin V.V. Semyon Ivanovich Shumakov (1913–1995) – founder of the neurosurgical service of the Penza region (to the 110th anniversary of birth). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):122–6. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-122-126>

НАЧАЛО ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВОЕННЫЕ ГОДЫ

Родоначальником Шумаковых считается некий Шумак – наполовину русский, наполовину украинец. Однако Шумак – это прозвище, настоящая же фамилия его – Антоненко. Когда в конце XIX в. шла перепись (ревизия), соседи назвали переписчикам фамилию по-уличному – Шумак. Записано же было по-русски – Шумаков. Так появилась фамилия Шумаковых.

С.И. Шумаков родился в 1913 г. в деревне Агаршево Смоленской губернии. В семье было 5 детей – 3 брата и 2 сестры. Семен был старшим из братьев, поэтому с детства ему приходилось работать по дому, помогая родителям. Учился он в гимназии – всегда на отлично. Учителя привили ему страсть к чтению книг, которую Семен Иванович пронес через всю жизнь. В то время Народный комиссариат просвещения ввел правило о трудовом стаже абитуриентов – не менее 2 лет. Отработав, Семен Иванович поступает во 2-й Московский медицинский институт им. Н.И. Пирогова. В те годы в институте преподавали легендарные ученые – академики С.И. Спасокукоцкий, И.В. Давыдовский, А.Л. Мясников, А.В. Виноградов.

Семен Иванович много занимался научной работой, общественной деятельностью, а также подрабатывал на жизнь репетиторством. Молодежь того времени с жаром бралась за любые начинания (так, по ночам студенты-медики ходили строить Московский метрополитен). Окончив институт с отличием, Семен Иванович имел возможность заняться научной работой в аспирантуре под руководством академика С.И. Спасокукоцкого. Однако вместе с однокурсницей Галиной Соколовой, ставшей его женой, они решают отправиться работать в глушь, где нет врачей. Врачебная традиция семьи Галины Дмитриевны имеет глубокие корни. Так, ее родная тетка Н.В. Алмазова – первая в России женщина, ставшая профессором хирургии, а ее мужем был знаменитый кардиохирург, академик А.Н. Бакулев.

Попав в село Кучки Пензенской области, в небольшую больницу, построенную знаменитым русским хирургом В.А. Оппелем, Шумаковы начали профессиональную деятельность. Работы был непочатый край: супруги вместе проводили подворные обходы, обнаруживая во многих домах больных сифилисом, туберкулезом, трахомой, страдающих рахитом детей. Работали круглые сутки, ведь дом, в котором они поселились, находился на территории больницы. Постепенно положение дел улучшалось. Однако мирная жизнь внешне закончилась.



Семен Иванович Шумаков (1913–1995)

Semyon Ivanovich Shumakov (1913–1995)

С первых дней войны хирурга Шумакова призывают в действующую армию. В полевых госпиталях нужны были нейрохирурги, ведь из 100 нейрохирургов в начале войны 80 погибло. Семен Иванович был направлен в Казань на переподготовку. Ответственным за курсы переподготовки был генерал-лейтенант медицинской службы, военный хирург и нейрохирург В.Н. Шамов, который долго инструктировал обучающихся перед отправкой на фронт.

В годы войны хирург С.И. Шумаков проявил себя незаурядной личностью. Он обладал колоссальной работоспособностью: 27–30 операций трепанации черепа за смену – вначале в эвакогоспитале, а затем в самом пекле – полевом госпитале под Ельней. Благодаря своей феноменальной памяти он помнил сотни бойцов по имени, по характеру ранения, помнил их облик, разговоры спустя 30–40 лет после победы. Его сострадание к больным было безграничным.

Однако Семен Иванович не любил вспоминать о войне. Лишь иногда, во время сложнейшей операции на мозге, он говорил ассистентам: «Доктора, работаем тщательно и не торопясь, в таких случаях мы даже

под бомбежкой не спешили». Надо представить мужество хирургов, которые, несмотря на шквал огня, оставались у операционного стола, спасая жизни солдат! Фронтовыми дорогами доктор Шумаков прошел с госпиталями через Белоруссию, Польшу, Германию — в дождь и в снег, порой под бомбами. В конце войны он был начальником АРМУ (армейской роты медицинского усиления), в которую входили нейрохирурги, окулисты, лор-врачи и другие узкие специалисты. Их постоянно перебрасывали на участки фронта, где шло наступление, и было много раненых.

День Победы майор Шумаков встретил в Берлине. В память об этом в семейном архиве хранятся фотографии хирурга Шумакова на ступенях Рейхстага. Семен Иванович до последних дней жизни считал День Победы главным праздником. Из поверженного Берлина он был отправлен в другую часть света — Японию, где еще гремели бои Второй мировой войны. Домой он вернулся лишь в 1946 г.

Доктор Шумаков получил солдатскую медаль «За отвагу» — за смертельный бой с немецким десантом, выброшенным в районе их госпиталя. Кроме того, Семен Иванович был награжден орденом Красной Звезды, двумя орденами Отечественной войны II степени, орденом Октябрьской революции, многими медалями за освобождение городов.

Сохранились краткие воспоминания Семена Ивановича о годах войны. «Мне довелось воевать на пяти фронтах, — рассказывал он врачу и журналисту С.Р. Аветисову, — работать в составе роты медицинского усиления нейрохирургического профиля. А после войны, когда встал вопрос о широком плановом развитии нейрохирургии в стране, к этому стали привлекать бывших военных врачей-специалистов».

ОРГАНИЗАТОРСКАЯ, ТРУДОВАЯ И НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТНОЙ БОЛЬНИЦЕ ИМ. Н.Н. БУРДЕНКО

Все военные годы Кучкинской больницей руководила Галина Дмитриевна — жена Семена Ивановича. Кроме того, на ее плечи легла забота о детях и родителях ее и Семена Ивановича, так как во время войны все съехались в Кучки. Казалось, что переживать тяжелое, голодное время вместе легче. По возвращении Семен Иванович по крупицам восстанавливает больницу. Приглашает на работу врачей-специалистов, которых к 1950 г. стало уже 11 человек. Открываются новые лечебные отделения, организуется мощное подсобное хозяйство. Больница становится межрайонной. Главного врача — Семена Ивановича — приглашают на работу в Пензу в Областную больницу.

Первое время приходилось жить на 2 дома, так как еще 3 года семья оставалась в Кучках. В семье росло 4 дочери. В 1950-е годы в Областной больнице собрались замечательные специалисты, хирурги-фронтовики — С.В. Кульнев, С.И. Шумаков, М.Э. Елаев,

В.П. Ляплейский, Е.М. Осипова. Благодаря им больница стала лучшей в области.

Семену Ивановичу поручают организовать областную нейрохирургическую службу. Началось все на базе травматологического отделения, в котором выделили 2 палаты для госпитализации пациентов с нейротравмами. Оперировали по очереди травматологи и нейрохирурги. Первым помощником и учеником стал Юрий Викторович Буланов. Вскоре двух палат оказалось мало.

С 1958 г. в Областной больнице стали широко применять контрастные методы обследования, особенно вентрикулографию. В ноябре 1959 г. С.И. Шумаков и научный сотрудник Института нейрохирургии А.А. Маляревский провели операцию на головном мозге. Через 4 года было открыто нейрохирургическое отделение на 30 коек [1].

В 1965 г. отделение расширили до 45 коек, и через несколько лет в нем работали уже 5 нейрохирургов, 18 медицинских сестер, младший медперсонал. Осваивались новые методики оперативных вмешательств при опухолях головного мозга, а также по поводу дискогенных радикулитов. Преобладающим видом наркоза при тяжелом состоянии больных стал интратрахеальный. Были налажены диспансерный учет и наблюдение за нейрохирургическими больными. Проводилась большая консультационная работа по оказанию неотложной помощи не только в Пензе, но и в районах области. Там появились 110 нейрохирургических коек [2].

Семен Иванович гордился своими учениками. В своих публикациях, интервью для местной печати он отмечал молодых врачей, своих учеников, первым из которых был Ю.В. Буланов. Семен Иванович тепло отзывался о нейрохирургах Э.Д. Муллере, В.Н. Ханжине, В.А. Комарове, А.Д. Пахомове.

Для помощи центральным районным больницам начали использовать санитарную авиацию. Зачастую в различных районных больницах приходилось проводить по 3–4 суток. Постепенно нейрохирургическая служба области окрепла. Операции на центральной и периферической нервной системе выполнялись на уровне клинических центров Москвы и Ленинграда. Часто приезжали московские профессора-нейрохирурги Б.М. Баум, А.А. Маляревский, С.В. Войтына, профессора из Саратова [3].

Семен Иванович любил повторять, что даже безукоризненно выполненные операции — это лишь 20 % успеха, остальное — послеоперационное выхаживание. Сложность того времени состояла в том, что должной анестезии и реанимационного отделения не было.

С 1963 по 1975 г. С.И. Шумаков заведовал отделением нейрохирургии, также в эти годы он был главным нейрохирургом Пензенской области. В ноябре 1975 г. Семен Иванович рекомендовал Эдуарда Демьяновича Муллера на свое место — заведующего нейрохирургическим отделением, и в сентябре 1963 г. он был принят (по приглашению С.И. Шумакова) в нейрохирургическое

отделение больницы (до этого он был экспертом областного бюро судебно-медицинской экспертизы).

Э.Д. Муллер владел операциями по удалению опухолей полушарий мозга различной локализации, опухолей задней черепной ямки, включая невриномы, опухолей мостомозжечкового угла, IV желудочка мозга, всеми видами операций при травмах черепа и головного мозга, травмах позвоночника, опухолях спинного мозга, а также по сшиванию нервов конечностей [4].

После 1975 г. Семен Иванович продолжал работу в качестве консультанта в поликлинике и отделении нейрохирургии Областной больницы им. Н.П. Бурденко, а также в других лечебных учреждениях города и области.

ЧЕЛОВЕК С БОЛЬШОЙ БУКВЫ

Семен Иванович был деятельным человеком, но если выдавалась свободная минута, то обязательно читал. Книги были его любовью с детства и до последних лет жизни. У него была редчайшая библиотека по количеству книг и уникальному подбору. Все комнаты в его доме были заставлены книжными шкафами. Гости с изумлением спрашивали: «Сколько у вас книг?» На это он, лукаво улыбаясь, отвечал: «Около 13 тысяч, а со специальными книгами и более того». Специальных медицинских книг было более 2 тысяч. В общем, библиотека была одной из лучших в области. В ней было много раритетов, которых и по всей стране были единицы. Являясь наставником, Семен Иванович приучал к чтению и обсуждению прочитанных книг своих учеников. Он обладал обширными знаниями по литературе, искусству, живописи, музыке, театру — был энциклопедически образованным человеком и считал, что настоящий врач должен обладать знаниями во всех областях жизни. Кроме того, он был очень общительным с людьми, независимо от их социального статуса.

За заслуги перед Отечеством в области нейрохирургии и здравоохранения Семен Иванович был удостоен почетного звания «Заслуженный врач РСФСР» и награжден орденом Октябрьской революции.

Важное место в его жизни занимала общественная деятельность. В частности, в середине 1970-х годов, накануне 100-летнего юбилея академика Н.Н. Бурденко, нашего земляка, Семен Иванович провел огромную

работу по подготовке к этому юбилею. Неоднократно выезжая в Москву, в Минздрав СССР и Академию наук СССР, бывая в правительстве, он добился того, что специальным Указом Правительства России были утверждены Бурденковские научно-практические чтения. Первые подобные чтения состоялись в 1976 г., собрав представительных гостей, корифеев медицины со всей страны. Таким образом, у истоков Бурденковских чтений стоял С.И. Шумаков.

Оценивая вклад Шумакова С.И. в развитие нейрохирургической службы, нельзя не отметить в целом вклад врачебной династии Шумаковых в развитие медицины. На благо Пензенской области династия Шумаковых работает давно: общий врачебный стаж этой семьи составляет 255 лет, среди врачей есть невропатологи, педиатры, хирурги различного профиля, терапевты, ревматологи.

ИТОГИ

В одной из притч Евангелия говорится, что семя, падая на разную почву, дает свой плод: «...иное упало на добрую землю и принесло плод...». Знания и навыки хирурга С.И. Шумакова, полученные им за годы учебы в институте, стали той благодатной почвой, которая, будучи «удобренной» трудолюбием, целеустремленностью, волей, добротой, самоотреченностью и преданностью профессии, принесла достойные богатые плоды. Результат и цель его труда — спасенные жизни в военное и мирное время; новые методики и техника нейрохирургических операций; научные исследования и труды; его богатый опыт врача, организатора, учителя; талантливые последователи, коллеги и ученики.

Личность Семена Ивановича настолько многогранна, богата и значима, что является живым примером бескорыстного, безграничного, беззаветного служения профессии врача, демонстрацией порядочности, милосердия, высокой культуры, образованности и человеческих возможностей преодоления трудностей, и, конечно, в ограниченных рамках работы не может быть всесторонне отражена.

Главное его детище — нейрохирургическая служба в системе здравоохранения Пензенской области. Благодаря труду, авторитету и заслугам Семена Ивановича Шумакова нейрохирургическая школа нашего региона известна и почитаема по всей России.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Годин В.С., Савин О.М., Шалдыбин Г.П. Путь в полтора столетия. Страницы истории Пензенской областной больницы им. Н.П. Бурденко. Пенза, 1996.
Godin V.S., Savin O.M., Shaldybin G.P. Way to a century and a half. Pages of the history of the Penza Regional Hospital n. a. N.P. Burdenko. Penza, 1996.
2. Комаров В.А. Нейрохирург Великой Отечественной войны Семен Иванович Шумаков. Материалы III съезда нейрохирургов России. Санкт-Петербург, 4–8 июня 2002 года.
Komarov V.A., Neurosurgeon of the Great Patriotic War Semyon Ivanovich Shumakov. Materials of the III Congress of Russian Neurosurgeons. St. Petersburg, June 4–8, 2002.
3. Краснощекова И.Н. Для тебя, человек. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1980.
Krasnoshchekova I.N. For you, man. Saratov: Privolzhskoye knizhnoe izdatelstvo, 1980.
4. Сазыкин В.А. В белых тогах, как боги... Пенза, 2000.
Sazykin V.A. In white togas, like gods... Penza, 2000.

ORCID автора / ORCID of author

В.В. Шалин / V.V. Shalin: <https://orcid.org/0000-0002-4361-8674>

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 30.03.2023. Принята к публикации: 25.01.2024.

Article submitted: 30.03.2023. Accepted for publication: 25.01.2024.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-15-25>

ENDOVASCULAR TREATMENT OF PATIENTS WITH DISTAL ANEURYSMS OF CEREBELLAR ARTERIES

E.G. Kolomin, S.A. Goroshchenko, V.V. Bobinov, A.E. Petrov, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh*V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia***Contacts:** Egor Gennadyevich Kolomin neurokolomin@yandex.ru

Aim. To evaluate short- and long-term angiographic and clinical outcomes of endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries.

Materials and methods. The outcomes of endovascular treatment of 6 patients with distal aneurysms of cerebellar arteries who underwent surgery at the Neurosurgical Division No. 3 of the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery between January 1 of 2017 and March 31 of 2023 were analyzed.

Results. The following endovascular methods were used: occlusion of the aneurysm sac using only detachable coils ($n = 2$); occlusion using stent-assisted coiling ($n = 3$); deconstructive intervention with occlusion of the main artery ($n = 1$). In 1 of 2 cases of coil-only aneurysm occlusion, additional stent-assisted occlusion was performed due to recurrence. Among 6 aneurysms, 1 (16.65 %) aneurysm was radically excluded from the blood flow (class A); 4 (66.7 %) were excluded subtotally (class B); 1 (16.65 %) was excluded partially (class C). Control angiography at least 6 months after showed radical exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A) in 5 (83.3 %) patients, subtotal exclusion (class B) in 1 (16.7 %) patient.

Clinical outcome was excellent in 5 (83.3 %) patients (0 points per the modified Rankin scale); in 1 patient after deconstructive surgery, augmentation of neurological symptoms with following partial regression was observed (2 points per the modified Rankin scale). Complications during deconstructive surgery were observed in 1 (16.7 %) patient.

Conclusion. Deconstructive surgery of the distal aneurysms of cerebellar arteries can be associated with high risk of postoperative ischemic complications with development of persisting neurological deficit. Surgical interventions with preservation of the artery lumen (including reconstructive surgeries) should be the method of choice in endovascular treatment of distal aneurysms of cerebellar arteries due to minimal risk of ischemic complications and improved clinical outcomes of surgical treatment.

Keywords: distal aneurysms of cerebellar arteries, endovascular treatment, deconstructive interventions, low-profile stents

For citation: Kolomin E.G., Goroshchenko S.A., Bobinov V.V. et al. Endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):15–25. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-15-25>

BACKGROUND

Distal aneurysms of the cerebellar arteries are a very rare pathology comprising only 0.6–0.9 % of all cerebral aneurysms, but their incidence is 4.3 times higher than of distal aneurysms of other cerebral arteries [1]. Aneurysms are considered distal if they are located distally from the first segments or 1 cm or more from the cerebellar artery entrance [2, 3].

The most common distal aneurysm of the cerebellar arteries is distal aneurysm of the posterior inferior cerebellar artery (PICA) [4–7]. Distal aneurysms of the anterior inferior cerebellar artery (AICA) and superior cerebellar artery (SCA) are very rare and comprise <0.5 % of all cerebral aneurysms. The literature describes about 100 observations of distal aneurysms of the AICA and less than 50 of SCA [1, 8, 9].

Usually, distal aneurysms of the cerebellar arteries are small saccular aneurysms, but fusiform, giant, and partially thrombosed aneurysms are not uncommon [1, 3].

Supposedly, the most common cause of distal aneurysms is dissection injury of an artery [5, 10, 11]. Distal aneurysms of the cerebellar arteries are very prone to rupture, and their first clinical manifestation is subarachnoid hemorrhage. More than half of ruptured aneurysms are <7 mm in size [1, 12].

Traditional method of choice in treatment of distal aneurysms of the cerebellar arteries is microsurgical intervention [13–19]. However, deep location of these aneurysms, closeness of the brainstem and cranial nerves, large number of perforating arteries branching from the cerebellar arteries make microsurgical treatment of the distal aneurysms technically complex and associated with certain risks [17, 20]. According to some studies, complication rate for “open”

treatment of distal aneurysms of the cerebellar arteries is 68 % [21].

Compared to aneurysms in other locations, distal aneurysms are rarely accessible for direct clipping and frequently require revascularization techniques. According to the study by A. Rodríguez-Hernández et al. (2013), only in 40 % of cases distal aneurysms of the cerebellar arteries were accessible for direct clipping; in most cases (47.5 %) deconstructive intervention was performed or microanastomosis was necessary (17.5 % of cases) [1].

In recent years, articles describing endovascular technique as the method of choice for treatment of distal aneurysms of the cerebellar arteries have become more common [6, 22–24].

Modern endovascular methods include aneurysm occlusion with coils including using stent and balloon assistance, trapping of the artery with coils and liquid embolizing materials, and implantation of flow-diverter stents.

One of the most common approaches to treatment of distal aneurysms is deconstructive surgery with occlusion of the aneurysm and part of the parent artery [25–28].

According to some study results, due to collateral anastomoses between the cerebellar arteries, deconstructive interventions in the distal parts of the cerebellar arteries are safe and easy on the patients [25–28]. However, the presence of perforating arteries branching from the cerebellar arteries, absence of accurate methods of collateral blood flow measurement and evaluation of functional significance of the artery carrying the aneurysm do not allow to consistently predict risks of ischemic complications and clinical outcomes of deconstructive surgeries.

Due to development of endovascular techniques, design of new low-profile stents, improved imaging and microinstrument control, new possibilities of endovascular treatment of patients with distal aneurysms became available. The number of articles on endovascular treatment of distal aneurysms using reconstructive techniques and preservation of the carrying artery has been growing [23, 24, 26].

We present a case series of endovascular treatment of distal aneurysms of the cerebellar arteries using reconstructive and deconstructive techniques.

Aim of the study is to evaluate short- and long-term angiographic and clinical outcomes of intravascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries.

MATERIALS AND METHODS

Short- and long-term outcomes of endovascular treatment of patients with distal aneurysms of cerebellar arteries who underwent surgery at the Neurosurgical Division No. 3 of the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery – branch of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia, between January 1 of 2017 and March 31 of 2023 were analyzed. During this period, 9 patients with distal aneurysms of cerebellar arteries underwent surgery which comprised 0.3 % of all cases

of cerebral aneurysms ($n = 2647$) treated in this period. From the analysis 3 patients were excluded because they were operated on using microsurgical technique due to unsuccessful or technically impossible endovascular intervention.

Among 6 patients included in the study, 5 were admitted to the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery for a planned procedure, 1 was admitted as an emergency due to hemorrhage caused by aneurysm rupture.

Spiral computed tomography angiography and cerebral angiography data were used to evaluate the location, shape, size of the aneurysm and its neck, as well as anatomical characteristics of the parent artery.

Selection of endovascular method of surgical intervention was performed based on anatomic, topographic and morphometric characteristics of the aneurysm, parent artery diameter, hemorrhage period. Special attention was paid to the characteristic of the parent artery, its availability for catheterization.

During the planning of stent implantation, all patients underwent compulsory preoperative preparation: determination of the baseline functional platelet activity and prescription of double antiplatelet therapy 7 days prior to the planned surgery (clopidogrel 75 mg/day and acetylsalicylic acid 100 mg once a day) or 1 day prior to surgery (ticagrelor 90 mg 2 times a day and acetylsalicylic acid 100 mg once a day). Before surgery, functional platelet activity was evaluated in all patients using the light transmission aggregometry (LTA) to obtain graphic and digital data showing safe range of residual platelet activity for stent implantation (optimally, above 20 and below 40 %).

Before discharging, functional outcomes of surgical intervention per the modified Rankin scale (mRs) were evaluated.

RESULTS

The characteristics of clinical picture, results of laboratory tests, and treatment of 6 patients with distal aneurysms of cerebellar arteries who underwent endovascular surgery were analyzed.

Clinical and laboratory evaluation

Patients with distal aneurysms of the cerebellar arteries: men – 4, women – 2; age between 44 and 70 years (median 54 years).

In our case series, 1 patient was admitted as an emergency due to hemorrhage caused by aneurysm rupture, the other 5 patients were admitted for planned procedures. Among the 5, 3 had history of aneurysm rupture, in 1 patient aneurysm was diagnosed during examination due to other pathology (no rupture), in 1 patient aneurysm was diagnosed during angiography after hemorrhage of a cerebral aneurysm in another location. All patients were admitted in compensated condition with the mRs score of 0–2.

The primary clinical manifestation of these aneurysms in 66.7 % of patients ($n = 4$) was subarachnoid hemorrhage without formation of an intracerebral hematoma.

Short summary of the patient data, location and structure of the aneurysms, treatment techniques and outcomes

Case No.	Sex	Age, year	Aneurysm characteristics					Treatment techniques and outcomes					
			Location	Shape	Size*, mm	Neck	Diameter of the artery, mm	Surgery	Complications	Postoperative control		Control after >6 months	
										RROC radicality	mRS outcome, score	RROC radicality class	mRS outcome, score
1	Male	56	PICA (p3)	Saccular	6	Narrow	2.5	Coils + stent	None	B	0	A	0
2	Male	47	PICA (p2)	Fusiform	8.5	No data	1.5	Coils + stent	None	B	0	A	0
3	Female	52	PICA (p5)	Fusiform	9	No data	1.1	Coils	None	C	0	A	0
4**	Male	54	PICA (p3)	Saccular	9.6	Narrow	1.7	Coils	None	B	0	C (recurrence)	No data
								Coils + stent	None	A	0	A	0
5	Male	44	PICA (p4)	Saccular	4.5	Wide	1.5	Coils	None	B	0	B	0
6	Female	70	SCA (s3)	Saccular	4.6	Wide	0.9	Deconstruction	Yes	A	3	A	2

*The size of the aneurysm was determined as the maximum diameter of aneurysm dome. **The treatment was carried out in 2 stages.
Note. PICA – posterior inferior cerebellar artery; SCA – superior cerebellar artery; RROC – Raymond–Roy Occlusion Classification; mRS – modified Rankin scale.

Anatomic and topographic features and morphometric characteristics of distal aneurysms of cerebellar arteries

Location. All aneurysms of the cerebellar arteries were classified per location in accordance with the J.R. Lister et al. classification [2]. The most common were aneurysms of the PICA, in particular of the tonsilomedullary (p3) segment (p2 – 1, p3 – 2, p4 – 1, p5 – 1, s3 – 1) (see Table).

Sizes and shapes. Evaluation of aneurysm size was performed based on the results of intraoperative cerebral angiography: maximal diameter of the aneurysmal dome, width of its neck, as well as dome to neck ratio (DNR) were measured. At width >4 mm or DNR <2, the neck was considered wide. Per the shape of aneurysmal sac, saccular (with distinct neck) and fusiform (without neck, with long segment of abnormal structure on the artery) aneurysms were identified.

According to the obtained data, distal aneurysms of the cerebellar arteries had saccular structure in 4 (66.7 %) cases, fusiform in 2 (33.3 %) cases. The size varied between 4.5 and 9.6 mm, mean size of all aneurysms was 7 mm, mean size of ruptured aneurysms was 8.3 mm. Saccular aneurysms in 50 % of cases ($n = 2$) had wide necks. Irregular shape with signs of dissection was observed in 66.7 % ($n = 4$) of patients. One patient had multiple cerebral aneurysms.

Endovascular treatment

All surgical interventions were performed under general anesthesia in an operating room with X-ray equipment using a dual-projection angiograph. The first stage of intravascular intervention was selective cerebral pan-angiography in standard projections. Then 3D rotational angiography was performed to evaluate the size and shape of the aneurysm.

Selection of the tactics of endovascular intervention was based on morphometric characteristics of the aneurysm, its shape, characteristics of the parent artery, and hemorrhage period. The priority of intravascular treatment was aneurysm occlusion with preservation of the parent artery which was achieved in the majority of observations ($n = 5$). In total, 7 surgical interventions were performed to treat 6 distal aneurysms. Aneurysm occlusion with coils and preservation of the parent artery was performed in 3 patients including in 1 case as the first stage of treatment at the acute period of hemorrhage. Aneurysm occlusion with coils and stent-assistance was also performed in 3 patients: in 2 patients as the primary treatment method, in 1 patient as the 2nd treatment stage in aneurysm recurrence after coil occlusion in the acute period.

In only 1 observation, deconstructive intervention using a non-adhesive composition was performed. This decision was made due to small diameter and tortuosity of the parent artery (SCA) and aneurysm location distally from the typical point of branching of perforating arteries supplying the brainstem.

Evaluation of primary and long-term angiography results

During analysis of angiograms measured at the end of surgical treatment and in the long-term period,

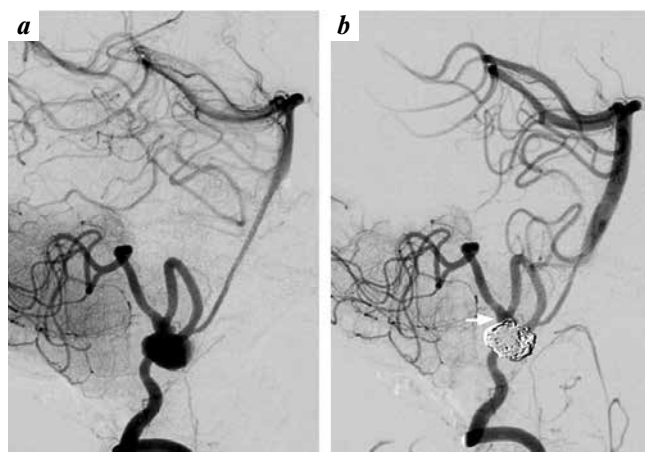


Fig. 1. Selective left-sided vertebral angiography (lateral projection): a – prior to aneurysm occlusion with coils: contrasting of saccular aneurysm of the tonsilomedullary segment (p3) of the left posterior inferior cerebellar artery is observed; b – subtotal occlusion of the aneurysm with detachable coils is observed (arrow shows residual aneurysm filling)

radicality of aneurysm exclusion from the blood flow per the Raymond–Roy Occlusion Classification (2006) was performed.

Among 6 aneurysms, 1 (16.7 %) was completely obliterated (class A), 4 (66.7 %) subtotally (class B), and 1 (16.7 %) partially (class C).

We considered the results of control angiography exam performed at least 6 months after the surgical treatment long-term results.

In the long-term period, in the majority of cases changes in occlusion radicality were observed. Thus, control angiography showed complete obliteration of the aneurysm in 4 (66.7 %) patients, subtotal in 1 (16.7 %) patient, and partial in 1 (16.7 %) patient. Additionally, increased radicality was detected as subtotal occlusion transformed into total in 2 (50 %) cases, partial into total 1 (16.7 %) case. However, decreased radicality (aneurysm recurrence) from subtotal to partial occlusion was observed in 1 (16.7 %) patient after aneurysm occlusion in acute hemorrhage period. Due to aneurysm recurrence after coil occlusion, in 1 (16.7 %) case repeat surgical treatment was performed: stent-assisted microcoil occlusion with total exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A) confirmed during control angiography 6 months after repeat intervention.

Early and long-term clinical outcomes

Analysis of intra- and postoperative complications, early and long-term outcomes of surgical treatment was performed.

Clinical outcome was excellent in 5 (83.3 %) patients (score 0 per mRS), in 1 patient increased cerebellar deficit was observed due to cerebellar infarction with partial regression at discharge from the hospital (score 2 per mRS).

Surgery-related complications, namely intraoperative rupture during microangiography and ischemia in the cerebellar artery system, were observed in 1 (16.7 %) patient

during deconstructive surgery. There were no other complications in our case series.

Long-term clinical outcomes were also observed in all 6 patients. In none of the cases repeat hemorrhages, increased neurologic deficit were observed.

Clinical case 1. Male patient, 60 years, was admitted to the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery with a clinical picture of subarachnoid hemorrhage. Selective cerebral angiography showed a saccular aneurysm of the p3 segment of the left PICA of irregular double-chamber shape with diverticular protrusions, size 9.3×8.2 mm with neck 3.5 mm (Fig. 1, a).

Emergency subtotal occlusion of the aneurysm with detachable coils was performed to prevent repeat hemorrhage (Fig. 1, b).

The patient was discharged without focal and meningeal neurologic symptoms. No repeat episodes of hemorrhage were observed, the patient did not undergo planned control examinations.

Six years after primary surgical intervention during control cerebral angiography, increased pre-neck filling of the aneurysm was observed both due to packing of the coil complex and aneurysm growth in the pre-neck area.

At first, 3 treatment options were considered: deconstructive intervention with aneurysm occlusion along with the parent artery, aneurysm embolization with stent assistance, and implantation of low-profile flow-diverter stent.

Deconstructive intervention with aneurysm occlusion in conjunction with the parent artery was associated with high risk of ischemic complications due to aneurysm location on the

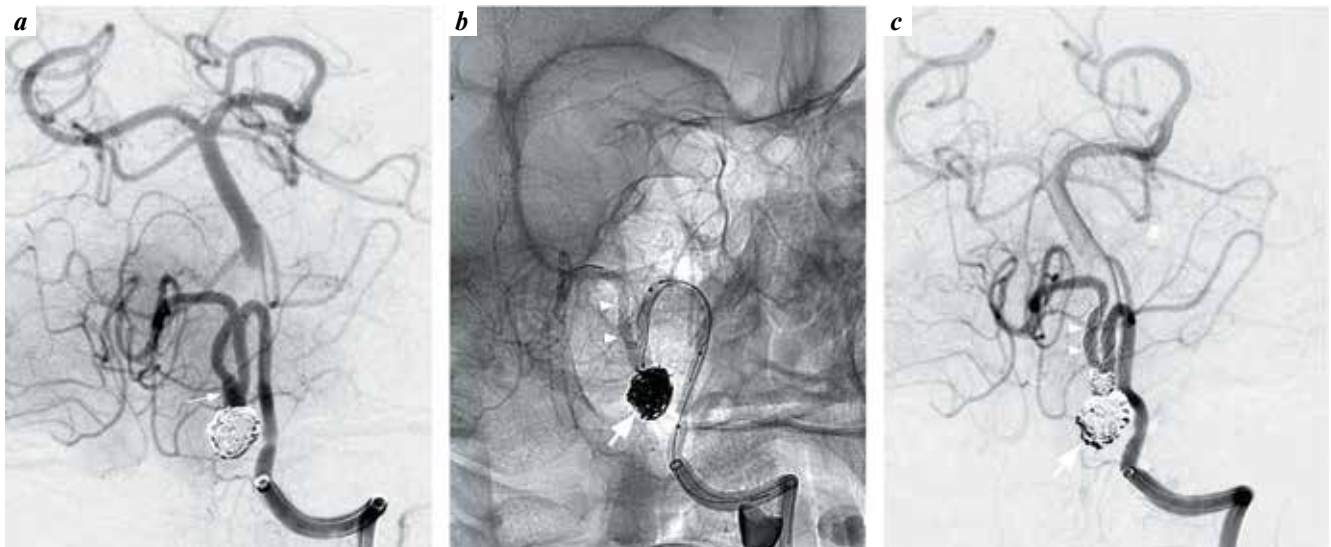


Fig. 2. Selective left-sided vertebral angiography 6 years after aneurysm occlusion with coils (oblique view): a — prior to stent-assisted aneurysm occlusion: enlargement of the filling part of the aneurysm is observed (arrow); b, c — using the jailing technique (b), total occlusion of the aneurysm with LEO Baby assisting stent and detachable coils was performed (c): opening of the assisting LEO Baby stent (b); condition after stent-assisted total aneurysm occlusion (c) (bold arrows show the position of the coil complex, pointing arrows show the position of the stent)

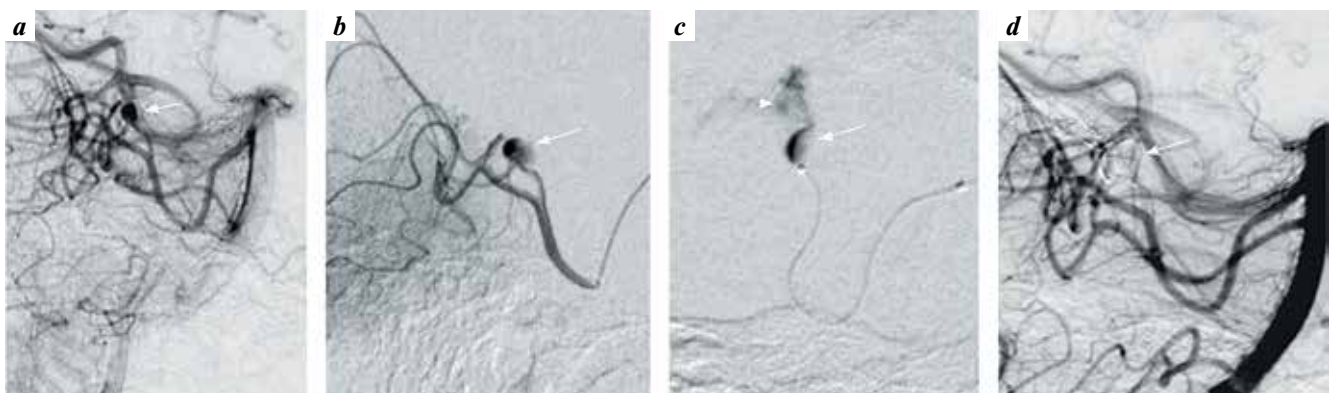


Fig. 3. Selective left-sided vertebral angiography (lateral projection): a, b — prior to aneurysm occlusion with coils: contrasting of saccular aneurysm of the cerebellomesencephalic (s3) segment of the right superior cerebellar artery is observed during vertebral angiography (a) and microangiography (b) (arrow); c — microangiography shows extravasation of the contrast agent (pointing arrow) — aneurysm rupture (arrow) in the context of microangiography; d — condition after embolization using non-adhesive SQUID 18 agent: total exclusion of the aneurysm with a part of the vessel was performed (arrow)

tonsillomedullar segment as this could lead to occlusion of the perforating arteries supplying the brainstem.

Implantation of a more rigid low-profile flow-diverter stent also carried high complication risks due to tortuosity of the artery (distal perforation of the parent artery, incomplete opening, over-rotation of stent with subsequent occlusion of the artery).

A decision was made to perform aneurysm occlusion with a low-profile assisting stent. This choice was based on lower manipulation risks during catheterization of tortuous arteries with a small-diameter catheter with internal opening of 0.0165 inches. Using an assisting low-profile stent LEO Baby and detachable coils, total aneurysm occlusion was performed (Fig. 2).

In the postoperative period, no worsening of focal or meningeal neurologic symptoms was observed. The patient was discharged in stable compensated condition on day 2 after surgical intervention. Control angiography 6 months later showed complete exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A).

Clinical case 2. Female patient Ya., 70 years, was admitted to the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery for planned surgical treatment. Spiral computed tomography angiography showed distal aneurysm of the right SCA, selective cerebral angiography showed a saccular aneurysm of the cerebellomesencephalic (s3) segment of the right SCA, size 4.6×3 mm with wide neck 2.5 mm, diameter of the parent artery 0.7 mm (Fig. 3, a).

Considering distal location of the aneurysm — far from the typical point of branching of perforating arteries — and small diameter and tortuosity of the artery, a decision was made to perform deconstructive surgery using liquid embolizing agent (non-adhesive composition). This choice was based on lower manipulation risks of aneurysm catheterization with a tinner catheter.

Intraoperatively during superselective cerebral microangiography, signs of contrast agent extravasation were observed — aneurysm rupture (Fig. 3, b, c). Using the Sonic microcatheter and SQUID 18 non-adhesive composition, the aneurysm was embolized in conjunction with the distal part of the artery (Fig. 3, d).

Postoperative computed tomography of the brain showed hyperdense contents (blood with the contrast agent) in the posterior cranial fossa, right occipital lobe area with full regression at the control examination on day 5 after surgical intervention.

In the early postoperative period, worsening of neurologic symptoms were observed in the form of dysarthria, cerebellar coordination insufficiency. Magnetic resonance imaging of the brain 2 weeks after surgery showed infarction of the right cerebellar hemisphere with primarily cortical localization at subacute stage without signs of brainstem ischemia (Fig. 4). Conservative therapy and rehabilitation treatment led to almost complete regression of the symptoms (score 2 per mRs). The patient was discharged in stable compensated condition under the care of a neurologist at the place of residence.

Control angiography 6 months after surgery showed total exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A). Neurologic deficit regressed completely.

DISCUSSION

Classification of the cerebellar arteries segments proposed by J.R. Lister et al. (1982) is the most commonly used [2].

According to this classification, PICA is divided into 5 segments: anterior medullar, lateral medullar, tonsillomedullar, telovelotonsillar, and cortical; AICA into 4 segments: anterior pontine, lateral pontine, flocculopenduncular, and cortical; SCA into 4 segments: anterior pontomesencephalic, lateral pontomesencephalic, cerebellomesencephalic, and cortical.

An alternative classification proposed by C.G. Drake et al. (1996) divides distal aneurysms of the cerebellar arteries into proximal (located within 1 cm from the artery entrance) and distal [3].

These classifications are mostly useful during planning of surgical intervention as they describe the relationship between aneurysms and closely located cranial nerves and the brainstem, allow to select optimal access to the aneurysm, and predict risks of postoperative cranial nerve deficit.

Moreover, evaluation of the presence of perforating arteries is also very important during endovascular surgery planning to predict risks of ischemic complications due to deconstructive interventions.

Currently, deconstructive interventions remain the most common surgeries in treatment of distal aneurysms of cerebellar arteries [24–28].

Perforating arteries supplying the brainstem mainly start at the proximal arterial segments. Therefore, deconstructive interventions on cerebellar artery aneurysms distally from the tonsillomedullar segment of PICA, pontomesencephalic segment of SCA, and 2 cm distally from the AICA entrance are considered safe and rarely cause brainstem stroke [6, 19, 23, 24, 29].

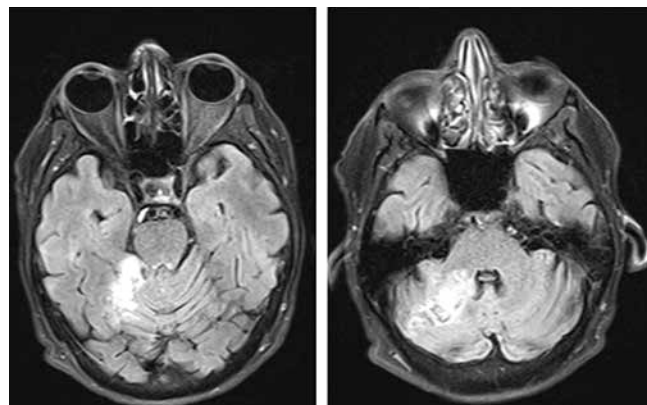


Fig. 4. Magnetic resonance imaging of the brain on day 12 after surgery (axial projection). Postischemic cystic gliotic changes in predominantly cortical parts of the right cerebellar hemisphere in the system of the right superior cerebellar artery

In cases of cerebellar ischemia, it is usually small, affects only cortical parts of the cerebellum, and is asymptomatic or manifests through insignificant clinical symptoms as in the described clinical case [6, 25, 30]. However, even sufficiently distal deconstruction carries the risk of retrograde arterial thrombus with brainstem stroke, and acetylsalicylic acid should be prescribed at least for 1 week prior to surgery [31].

While some authors note relative safety of deconstructive interventions in more proximal parts of the arteries justifying it by the absence of perforating arteries in the affected segment and pronounced anastomotic networks on the brainstem surface, such interventions are associated with high risk of ischemic complications and should be performed only in extreme cases [32–35]. Thus, according to J.G. Malcolm et al., deconstructive interventions on aneurysms located on the first 3 PICA segments lead to brainstem stroke in 7.1 % of patients, cerebellar hemisphere stroke in 57 % of patients [36].

There is an increase in the number of studies which consider preservation of the parent artery one of the most important tasks in treatment of distal aneurysms of cerebellar arteries [23, 24, 31].

In distal aneurysms of cerebellar arteries with narrow necks available for catheterization, embolization with detachable coils can be the method of choice [37–39]. In the short term, this treatment method is sufficiently effective, however recurrence rate after these surgeries remains high. According to M. Cellerini et al., in patients after PICA aneurysm embolization using coils favorable outcome (score 0 per mRs) was observed in 90.9 % of cases, but recurrence rate was 27.3 % [40]. N. Chalouhi et al. also note high recurrency rate (50 % of cases) and the necessity of repeat surgical interventions (37.5 % of cases) after coil occlusion of aneurysm in this location [30].

Our data also confirms high risk of recurrence after isolated coil occlusion (in 1 of 2 patients) and the necessity of dynamic angiographic control in this patient group.

In distal aneurysms of cerebellar arteries with wide neck or fusiform structure, occlusion with detachable coils can be technically impossible or carries high risk of complications. According to our observations, use of stent assistance, new generation low-profile assisting stents in some cases allows to exclude these aneurysms with preservation of the parent artery and reconstruction of the affected segment [23, 24].

According to E.A. Samaniego et al., endovascular occlusion of the PICA trunk using a low-profile assisting stent LVIS Junior (MicroVention) led to excellent clinical outcomes (score 5 per the Glasgow scale) in all 7 patients. In 1 case, the authors observed a vasospasm during manipulation for stent implantation. Short-term angiography follow-up (median 5.1 months) did not show in-stent-stenosis or parent artery occlusions; control angiography 12 months after surgery showed recurrence in 2 patients requiring additional aneurysm occlusion with detachable coils [23].

The literature also describes cases of successful application of low-profile assisting stents in treatment of distal aneurysms of the SCA and AICA using stent assistance technique and implantation of telescopic stents [31, 41, 42].

In our study, 50 % of patients ($n = 3$) underwent reconstructive surgery (stent-assisted embolization) using the LEO Baby low-profile assisting stent (Balt Extrusion, France). Intra- and postoperative complications were absent in our patient group. Control angiography 6 months after surgery showed total exclusion of the aneurysm from the blood flow (class A) in all patients ($n = 3$) without signs of in-stent-stenosis or parent artery occlusion.

Use of low-profile flow-diverter stents is a promising but insufficiently studied treatment method for aneurysms of this locations. R.N. Alokaili and M.E. Ahmed in 2014 were the first to report on successful implantation of the SILK+ (Balt Extrusion) flow-diverter stent for treatment of this pathology [43]. Additionally, D.C. Lauzier et al. described 5 cases of successful treatment of distal PICA aneurysms using the PED Flex flow-diverter stents (Medtronic) [44].

Due to the structure of distal aneurysms of cerebellar arteries, causes of formation, as well as characteristics of parent artery, intraoperative ischemic and hemorrhagic complications are more common in endovascular treatment of such aneurysms than aneurysms of other locations; according to some data, in 10–25 % of cases [5, 6, 30, 33]. Frequency of unsuccessful surgical interventions is also higher in the group of distal aneurysms. Thus, in the study by N. Chalouhi et al., comparison of treatment results of proximal and distal PICA aneurysms, unsuccessful surgical treatment was 4 time more frequent in the group of patients with distal aneurysms than in the group of patients with proximal aneurysms [30].

In our study, surgeries were successful in all cases. In 1 (16.7 %) case, intraoperative rupture of the aneurysm occurred during microangiography which necessitated deconstructive intervention and led to a localized cerebellar stroke.

CONCLUSION

Distal aneurysms of the cerebellar arteries are a very rare pathology, and currently there are no standard approaches to their treatment. Deconstructive surgery of the distal parts of the cerebellar arteries can be associated with high risks of postoperative ischemic complications and development of persistent neurologic deficit. Evaluation of the risk of ischemic complications after these surgeries is empiric and does not have instrumental credibility criteria. In our opinion, outcomes of surgical treatment using these interventions cannot be sufficiently predicted. However, these techniques are still widely used in surgery of distal aneurysms of the vertebrobasilar system including cerebellar artery aneurysms.

Due to the evolution of endovascular techniques in treatment of patients with both proximal and distal aneurysms, in most cases radical occlusion of the aneurysm with preservation of the parent artery can be achieved. Development of low-profile assisting and flow-diverter stents

opened new possibilities in treatment of distal aneurysms of the cerebellar arteries.

In our opinion, surgical interventions preserving artery lumen (including reconstructive surgeries) should be the

method of choice in endovascular treatment of distal cerebral aneurysms including located on the cerebellar arteries due to minimization of the risk of ischemic complications and improved clinical outcomes.

REFERENCES

- Rodríguez-Hernández A., Zador Z., Rodríguez-Mena R., Lawton M.T. Distal aneurysms of intracranial arteries: application of numerical nomenclature, predilection for cerebellar arteries, and results of surgical management. *World Neurosurg* 2013;80(1–2): 103–12. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.09.010
- Lister J.R., Rhoton A.L. Jr., Matsushima T., Peace D.A. Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* 1982;10(2):170–99.
- Drake C.G., Peerless S.J., Hernesniemi J. Surgery of vertebrobasilar aneurysms London, Ontario Experience on 1767 patients. Wien, New York: Springer, 1996. 329 p.
- Bonneville F., Sourour N., Biondi A. Intracranial aneurysms: an overview. *Neuroimaging Clin N Am* 2006;16(3):371–82, vii. DOI: 10.1016/j.nic.2006.05.001
- Mitsos A.P., Corkill R.A., Lalloo S. et al. Idiopathic aneurysms of distal cerebellar arteries: endovascular treatment after rupture. *Neuroradiology* 2008;50(2):161–70. DOI: 10.1007/s00234-007-0315-0
- Peluso J.P., van Rooij W.J., Sluzewski M., Beute G.N. Distal aneurysms of cerebellar arteries: incidence, clinical presentation, and outcome of endovascular parent vessel occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28(8):1573–8. DOI: 10.3174/ajnr.A0607
- Schievink W.L., Wijdicks E.F., Piepgras D.G. et al. The poor prognosis of ruptured intracranial aneurysms of the posterior circulation. *J Neurosurg* 1995;82(5):791–5. DOI: 10.3171/jns.1995.82.5.0791
- Banczerowski P., Sipos L., Vajda J. Aneurysm of the internal auditory artery: our experience and review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)* 1996;138(10):1157–62. DOI: 10.1007/BF01809744
- Nussbaum E.S., Madison M.T., Goddard J.K. et al. Peripheral intracranial aneurysms: management challenges in 60 consecutive cases. *J Neurosurg* 2009;110(1):7–13. DOI: 10.3171/2008.6.JNS0814
- Goroshchenko S.A., Bobinov V.V., Mamonov N.A. et al. Successful combined treatment of a giant aneurysm of the posterior inferior cerebellar artery manifesting by brain stem compression. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension* 2023;29(1):100–8. (In Russ.). DOI: 10.18705/1607-419X-2023-29-1-100-108
- Steiner T., Juvela S., Unterberg A. et al. European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage. *Cerebrovasc Dis* 2013;35(2):93–112. DOI: 10.1159/000346087
- Lehto H., Harati A., Niemelä M. et al. Distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical features and outcome of 80 patients. *World Neurosurg* 2014;82(5):702–13. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.06.012
- Horiuchi T., Tanaka Y., Hongo K. et al. Characteristics of distal posteroinferior cerebellar artery aneurysms. *Neurosurgery* 2003;53(3):589–95; discussion 595–6. DOI: 10.1227/01.neu.0000079493.50657.1d
- Tokimura H., Yamahata H., Kamezawa T. et al. Clinical presentation and treatment of distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Neurosurg Rev* 2011;34(1):57–67. DOI: 10.1007/s10143-010-0296-z
- Evans J.J., Sekhar L.N., Rak R., Stimac D. Bypass grafting and revascularization in the management of posterior circulation aneurysms. *Neurosurgery* 2004;55(5):1036–49. DOI: 10.1227/01.neu.0000140822.64362.c6
- Dashyan V.G., Senko I.V. Microsurgical treatment of distal aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;21(4):12–23. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-12-23
- Kim C.H., Cho Y.D., Jung S.C. et al. Endovascular treatment for superior cerebellar artery aneurysms: morphological features, technique, and outcome. *Neuroradiology* 2014;56(8):647–54. DOI: 10.1007/s00234-014-1375-6
- Pritz M.B. Aneurysms of the anterior inferior cerebellar artery. *Acta Neurochir (Wien)* 1993;120(1–2):12–9. DOI: 10.1007/BF02001463
- Zager E.L., Shaver E.G., Hurst R.W., Flamm E.S. Distal anterior inferior cerebellar artery aneurysms. Report of four cases. *J Neurosurg* 2002;97(3):692–6. DOI: 10.3171/jns.2002.97.3.0692
- Bohnstedt B.N., Ziemba-Davis M., Edwards G. et al. Treatment and outcomes among 102 posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a comparison of endovascular and microsurgical clip ligation. *World Neurosurg* 2015;83(5):784–93. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.12.035
- Horowitz M., Kopitnik T., Landreneau F. et al. Posteroinferior cerebellar artery aneurysms: surgical results for 38 patients. *Neurosurgery* 1998;43(5):1026–32. DOI: 10.1097/00006123-199811000-00012
- Bradac G.B., Bergui M. Endovascular treatment of the posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Neuroradiology* 2004;46(12):1006–11. DOI: 10.1007/s00234-004-1245-8
- Samaniego E.A., Abdo G., Hanel R.A. et al. Endovascular treatment of PICA aneurysms with a Low-profile Visualized Intraluminal Support (LVIS Jr) device. *J Neurointerv Surg* 2016;8(10):1030–3. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-012070
- Hou K., Lv X., Guo Y., Yu J. Endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery trunk aneurysm. *Acta Neurol Belg* 2022;122(6):1405–17. DOI: 10.1007/s13760-021-01826-8
- Puri A.S., Massari F., Hou S.Y. et al. Onyx embolization in distal dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *J Neurointerv Surg* 2016;8(5):501–6. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011622
- Xu F., Hong Y., Zheng Y. et al. Endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a 7-year single-center experience. *J Neurointerv Surg* 2017;9(1):45–51. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012489
- Madaelil T.P., Wallace A.N., Chatterjee A.N. et al. Endovascular parent vessel sacrifice in ruptured dissecting vertebral and posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical outcomes and review of the literature. *J Neurointerv Surg* 2016;8(8):796–801. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-011732
- Li H., Li X.F., He X.Y. et al. Endovascular treatment of dissecting aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery and predictors of outcome. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2015;24(9):2134–42. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.05.034
- Lewis S.B., Chang D.J., Peace D.A. et al. Distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms: clinical features and management. *J Neurosurg* 2002;97(4):756–66. DOI: 10.3171/jns.2002.97.4.0756
- Chalouhi N., Jabbour P., Starke R.M. et al. Endovascular treatment of proximal and distal posterior inferior cerebellar artery

- aneurysms. *J Neurosurg* 2013;118(5):991–9. DOI: 10.3171/2012.12.JNS121240
31. Anil G., Sein L., Nga V. et al. Dissecting distal cerebellar artery aneurysms: options beyond a parent vessel sacrifice. *Neurosurg Rev* 2020;43(2):771–80. DOI: 10.1007/s10143-019-01119-y
 32. Ioannidis I., Nasis N., Andreou A. Endovascular treatment of ruptured dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Interv Neuroradiol* 2012;18(4):442–8. DOI: 10.1177/159101991201800410
 33. Isokangas J.M., Siniluoto T., Tikkakoski T., Kumpulainen T. Endovascular treatment of peripheral aneurysms of the posterior inferior cerebellar artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29(9):1783–8. DOI: 10.3174/ajnr.A1218
 34. Lim S.M., Choi I.S., Hum B.A., David C.A. Dissecting aneurysms of the distal segment of the posterior inferior cerebellar arteries: clinical presentation and management. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31(6):1118–22. DOI: 10.3174/ajnr.A2014
 35. Van den Berg R., Doorschodt T.C., Sprengers M.E., Vandertop W.P. Treatment of dissecting aneurysms of the PICA: anatomical considerations and clinical outcome. *J Neuroradiol* 2015;42(5):291–7. DOI: 10.1016/j.neurad.2014.10.001
 36. Malcolm J.G., Grossberg J.A., Laxpati N.G. et al. Endovascular sacrifice of the proximal posterior inferior cerebellar artery for treatment of ruptured intracranial aneurysms. *J Neurointerv Surg* 2020;12(8):777–82. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016261
 37. Trivelato F.P., Salles Rezende M.T., Castro G.D. et al. Endovascular treatment of isolated posterior inferior cerebellar artery dissecting aneurysms: parent artery occlusion or selective coiling? *Clin Neuroradiol* 2014;24(3):255–61. DOI: 10.1007/s00062-013-0247-5
 38. Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Petrov A.E. et al. Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):10–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19
 39. Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. Immediate and long-term results of endovascular occlusion of cerebral aneurysms with detachable coils. *Rossiyskiy nejroxirurgicheskiy zhurnal im. prof. A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;14(2):29–36. (In Russ.).
 40. Cellerini M., Mangiafico S., Ammannati F. et al. Ruptured, dissecting posterior inferior cerebellar artery aneurysms: endovascular treatment without parent vessel occlusion. *Neuroradiology* 2008;50(4):315–20. DOI: 10.1007/s00234-007-0333-y
 41. Di Stefano G., Limbucci N., Cruccu G. et al. Trigeminal neuralgia completely relieved after stent-assisted coiling of a superior cerebellar artery aneurysm. *World Neurosurg* 2017;101:812.e5–e9. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.03.082
 42. Tahir R., Asmaro K.P., Haider S., Kole M. Ruptured distal superior cerebellar artery dissecting aneurysm treated with a flow-diverting device: case report and review of literature. *Cureus* 2018;10(7):e2918. DOI: 10.7759/cureus.2918
 43. Alokaili R.N., Ahmed M.E. Flow-diverter stent for the treatment of a non-origin posterior inferior cerebellar artery aneurysm. A case report. *Neuroradiol J* 2014;27(4):456–60. DOI: 10.15274/NRJ-2014-10061
 44. Lauzier D.C., Root B.K., Kayan Y. et al. Pipeline embolization of distal posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Interv Neuroradiol* 2021;27(6):821–7. DOI: 10.1177/15910199211013195

Authors' contributions

E.G. Kolomin: neurosurgical treatment, collecting and processing data, writing and scientific editing of the article;
S.A. Goroshchenko: neurosurgical treatment, collecting and processing data, scientific editing of the article;
V.V. Bobinov, A.E. Petrov: neurosurgical treatment, scientific editing of the article;
L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh: scientific editing of the article.

ORCID of authors

E.G. Kolomin: <https://orcid.org/0000-0002-3904-2393>
S.A. Goroshchenko: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3213>
V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>
A.E. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-3112-6584>
L.V. Rozhchenko: <https://orcid.org/0000-0002-0974-460X>
K.A. Samochernykh: <https://orcid.org/0000-0001-5295-4912>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was performed without external funding.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia. All patients gave written informed consent to participate in the study.

INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING IN PATIENTS WITH DELAYED CEREBRAL ISCHEMIA AFTER CLIPPING OF RUPTURED ARTERIAL ANEURYSMS

N.A. Bobriakov¹, S.I. Petrov^{1,2}, E.V. Sereda^{1,2}, A.G. Moskalev¹, A.A. Ponomarev¹, I.Yu. Kazankov¹,
E.Yu. Sedova¹, E.N. Maksimova¹

¹Irkutsk Regional Clinical Hospital, winner of the “Mark of the Honor” award; 100 Yubileyny Dst., Irkutsk 664049, Russia;

²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education — branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia; 100 Yubileyny Dst., Irkutsk 664049, Russia

Contacts: Nikolay Alekseevich Bobriakov irkutsk102013@gmail.com

Aim. Research of significant changes in parameters (SCP) by intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) during clipping of ruptured cerebral aneurysms in patients with delayed cerebral ischemia (DCI) in the postoperative period.

Materials and methods. The study included 16 patients, 7 (43.8 %) men and 9 (56.2 %) women, aged 51.1 ± 9.3 years, who underwent clipping of ruptured cerebral aneurysms for the period 2016–2021, in which the neurological deficit (ND) remained at the preoperative level on the first postoperative day, but increased by the end of hospitalization. In order to study the factors leading to the development of DCI, 2 groups were identified with transient SCP according to IONM: with the development of DCI – 7 patients out of the above 16 patients, including 3 men (42.9 %) and 4 women (57.1 %), aged 49.6 ± 8.5 years; and control group – 19 patients, including 9 men (47.4 %) and 10 women (52.6 %), aged 46.2 ± 10.9 years, in whom ND did not increase on the first postoperative day and by the time of discharge. The groups did not differ significantly in age, sex, aneurysm location, rupture period, and baseline ND.

Results. In patients with DCI, in 9 cases (56.2 %), during the operation, SCP from the side of somatosensory evoked potentials (SSEP) and transcranial motor evoked potentials (TcMEP) was not registered, in 7 cases (43.8 %) transient SCP was registered, of which 3 patients (42.8 %) had TcMEP and SSEP, in 2 patients (28.6 %) – only TcMEP and in 2 patients (28.6 %) – only SSEP. In the control group, transient SCR of TcMEPs and SSEPs were registered in 4 patients (21.6 %), only TcMEPs – in 9 patients (47.4 %), only SSEPs – in 6 patients (31.6 %).

When comparing two groups of patients with transient SCR (DCI-group and control group), a statistically significant predominance was revealed in the first group of patients with severity 3 according to the Hunt–Hess scale (42.9 % vs 5.2 %), while in the second group patients of severity 1 and 2 prevailed (94.8 % vs 57.2 %) ($p < 0.05$). When analyzing the data of ultrasonic duplex scanning of extra- and intracranial arteries in both groups, a statistically significant increase in peak systolic blood flow velocity in the middle cerebral artery was revealed (in the group with DCI before surgery – 100 (80–139) cm/s, after surgery – 175 (139–278) cm/s ($p = 0.001$), in the control group before surgery – 100 (100–118) cm/s, after surgery – 150 (116–194) cm/s ($p = 0.0001$)), as well as the Lindegaard index (in the group with DCI before surgery – 2.5 ± 0.7 , after surgery – 3.5 ± 1.1 ($p = 0.01$), in the control group before surgery – 2.1 ± 0.3 , after surgery 2.9 ± 1.1 ($p = 0.0002$)), but the differences between the groups were not statistically significant ($p = 0.092$).

Conclusion. At this stage, it cannot be unequivocally stated that transient SCP according to IONM may be one of the risk factors for the development of DCI after clipping of ruptured cerebral aneurysms. However, patients with transient SCR according to IONM, whose severity at admission is estimated at 3 points on the Hunt–Hess scale, are statistically significantly more likely to develop DCI.

Keywords: intraoperative neurophysiological monitoring, transcranial motor evoked potentials, somatosensory evoked potentials, delayed cerebral ischemia

For citation: Bobriakov N.A., Petrov S.I., Sereda E.V. et al. Intraoperative neurophysiological monitoring in patients with delayed cerebral ischemia after clipping of ruptured arterial aneurysms. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):26–36. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-26-36>

BACKGROUND

Aneurysmal subarachnoid hemorrhage (SAH) is characterized by blood extravasation into the subarachnoid space due to rupture of an intracranial arterial aneurysm and presents a type of hemorrhagic stroke associated with high mortality and disablement [1].

Delayed cerebral ischemia (DCI) is appearance of focal neurologic deficits or depression of the level of consciousness by 2 or more points per the Glasgow scale for more than 1 hour manifesting on day 3 and later after aneurysmal SAH or at day 2 or later after aneurysm occlusion, as well as detection of infarction area using spiral computed tomography (SCT) or magnetic resonance imaging (MRI) of the brain in the 6 weeks after aneurysmal SAH or at the last examination before death in the first 6 weeks, or during autopsy (but if it is absent per SCT or MRI performed between 24 and 48 hours after early aneurysm occlusion) not associated with other causes [2]. DCI is considered one of the leading causes of unfavorable SAH outcomes. Overall DCI incidence in patients with aneurysmal SAH is 29 (20–40) %, and it has not been decreasing in the last 20 years [1, 3, 4].

Despite developments in DCI pathogenesis research, the pathological mechanisms and risk factors of this phenomenon are not completely clear. According to the current understanding of DCI, it is a dynamically developing multifactorial process. The discrepancy between increased requirement of the brain tissue in oxygen, on the one hand, and decreased or absent increase in cerebral blood flow, on the other, plays the key role in DCI pathogenesis (see Figure) [5, 6].

Understanding of the precise mechanisms leading to DCI development is important for development of new treatment approaches [3]. To avoid unreasonably long stay in the intensive care unit, preventative and therapeutic treatment of DCI should be directed primarily at patients with the highest risk. Therefore, it can be useful to differentiate patients with aneurysmal SAH in moderately severe condition into groups with low and high risk of DCI [7].

To this date, a lot of data on clinical, anamnestic, instrumental (including radiological, ultrasound, electrophysiological), as well as biochemical and genetic predictors of DCI have been accumulated [7–9]. However, intraoperative factors of DCI risk require further investigation.

Intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) plays a significant role in evaluation of regional cerebral perfusion in the pathologically affected blood supply system, as well as evaluation of the condition of functionally crucial areas of the brain. The literature describes cases of DCI development without significant changes in transcranial motor evoked potentials (TcMEP) and somatosensory evoked potentials (SSEP) during surgery.

In 2017, F. Ghavami et al. published a report on a case of permanent loss of SSEP cortical response in a patient during X-ray endovascular occlusion of a fusiform partially

thrombosed aneurysm of the P2 segment of the posterior cerebral artery. On day 2 after surgery, the patient had transient weakness in the left arm which regressed after controlled increase of mean arterial pressure. On day 3 after cancellation of inotropic support and transfer to a general ward, the patient developed marked left-sided hemiparesis. MRI showed an area of ischemia in the right optic thalamus. In this case, significant changes in SSEP indicated decreased cerebral blood flow which did not manifest clinically due to controlled increase of mean arterial blood pressure during surgery. Clinical manifestations developed only after cancellation of inotropic support which worsened focal ischemia [10].

In the available literature, we did not find any descriptions of DCI development in the postoperative period in combination with transient significant changes in TcMEPs and/or SSEP during surgery.

Aim. To study significant changes in parameters (SCP) detected by intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) during clipping of ruptured cerebral aneurysms in patients with delayed cerebral ischemia (DCI) in the postoperative period.

MATERIALS AND METHODS

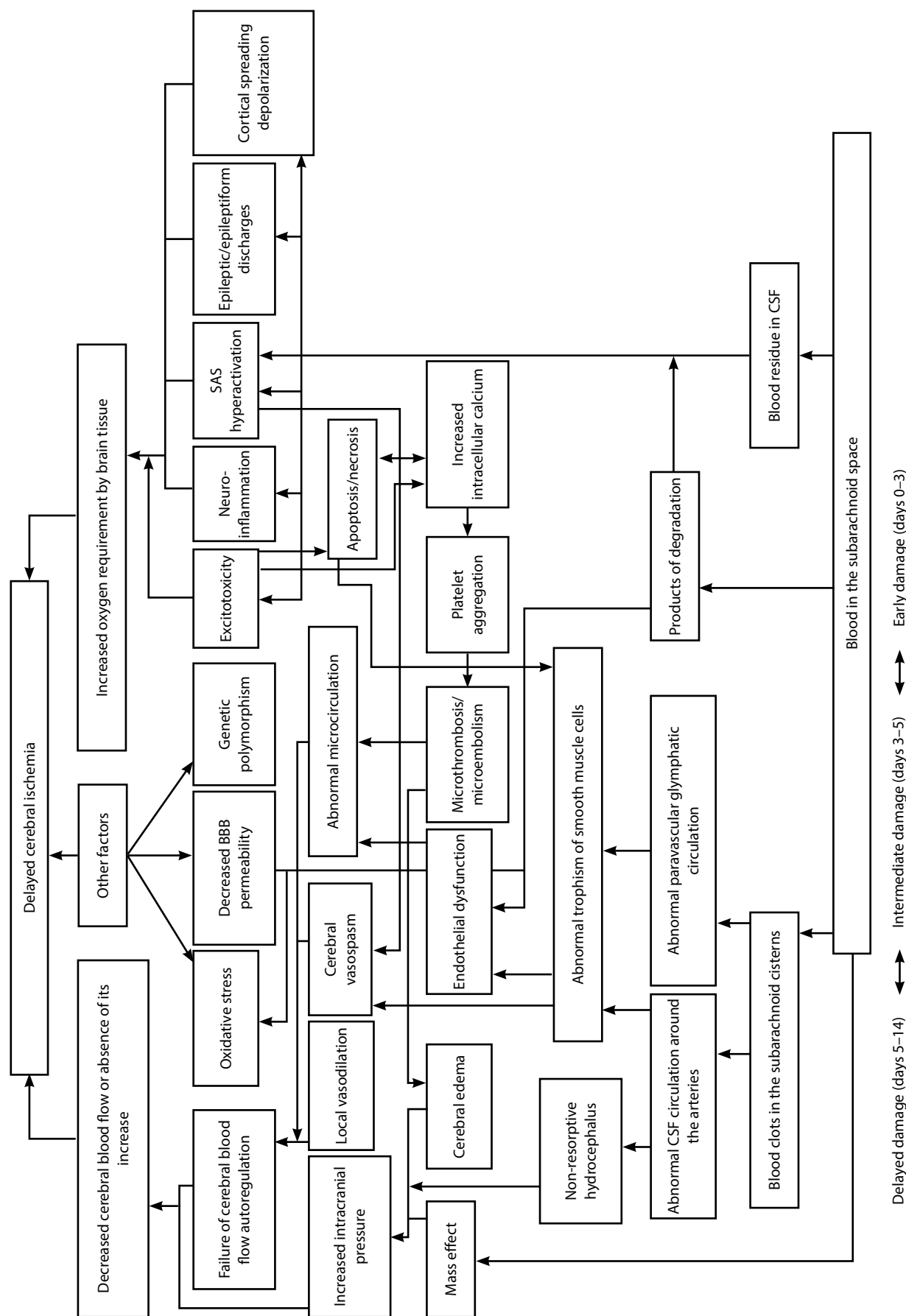
The retrospective study included 16 patients (7 (43.8 %) men and 9 (56.2 %) women) aged 51.1 ± 9.3 years who underwent surgeries to treat ruptured aneurysms of cerebral vessels using IONM at the Neurosurgery Division of the Irkutsk “Mark of Honor” Order Regional Clinical Hospital between 2016 and 2021 and in whom on the 1st postoperative day neurologic deficit (ND) remained on the preoperative level but increased at the end of hospitalization.

The criteria for inclusion in the study were clinical DCI criteria: development of focal neurologic symptoms and/or depression of the level of consciousness by 2 or more points per the Glasgow scale for more than 1 hour manifesting on day 2 or later after clipping of a ruptured aneurysm of cerebral vessel.

Exclusion criteria: 1) only instrumental signs of vasospasm per transcranial Doppler ultrasound or presence of hypodense zones per SCT but absence of clinical manifestations of DCI; 2) other causes of new ND and/or depressed level of consciousness detected through clinical evaluation, neuroimaging, and laboratory tests.

Among the patients, 5 (31.2 %) had aneurysms of the anterior cerebral/anterior communicating artery, 9 (56.3 %) had aneurysms of the internal carotid/middle cerebral artery, 2 (12.5 %) had multiple aneurysms. SCT angiography showed normal structure of the circle of Willis in 4 (25.0 %) cases; in 12 cases (75.0 %) it was incomplete: in 8 due to hypo- and aplasia of the anterior communicating arteries, in 4 cases due to hypo- and aplasia of the posterior communicating artery.

In all 16 patients, ruptured aneurysms were clipped; in the acute period in 12 (75 %) patients, in the subacute period in 4 (25 %) patients.



Key points of the delayed cerebral ischemia pathogenesis (according to [3, 6, 9, 11, 12]). SAS – sympatho-adrenal system; CSF – cerebrospinal fluid; BBB – blood–brain barrier

Table 1. Comparative characteristics of patients' groups with transient significant response changes, according to intraoperative neurophysiological monitoring data

Parameter	DCI group (n = 7)	Control group (without increasing of ND) (n = 19)	p
Age, years	49.6 ± 8.5	46.2 ± 10.9	0.899
Sex n (%): male female	3 (42.9) 4 (57.1)	9 (47.4) 10 (52.6)	0.350
Length of stay in hospital, days	16.7 ± 6.3	18.6 ± 8.4	0.796
Localization of aneurysm, n (%): anterior circulation middle circulation multiple	4 (57.1) 2 (28.6) 1 (14.3)	13 (68.4) 6 (31.6) 0	0.615
Period of rupture n (%): acute subacute remote	6 (85.7 %) 1 (14.3 %) 0	15 (78.9) 3 (15.8) 1 (5.3)	0.831
Severity on the Hunt–Hess scale, n (%): I II III	3 (42.9) 1 (14.3) 3 (42.9)	6 (31.6) 12 (63.2) 1 (5.2)	0.026*
Severity of SAH on the Fischer scale, n (%): I II III IV	1 (14.2) 2 (28.6) 2 (28.6) 2 (28.6)	3 (15.7) 4 (21.1) 8 (42.1) 4 (21.1)	0.179
NIHSS, score: initial final	1 (0–10) 5 (0.5–31.0)	1 (0–2) 0 (0–0)	0.074 0.037**
Temporary clipping of aneurysm, n (%): yes no	5 (71.4) 2 (28.6)	14 (73.7) 5 (26.3)	0.939
Продолжительность временного клипирования, с Temporary clipping duration, s	263.5 (151.25–480.0)	150 (106.5–235.0)	0.091

*Statistically significant differences according to the χ^2 criterion; **statistically significant differences according to the Mann–Whitney test.

Note. DCI – delayed cerebral ischemia; ND – neurological deficit; SAC – subarachnoid hemorrhage; NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale.

Evaluation of the severity of SAH in patients with ruptured aneurysms per the Hunt–Hess scale was the following: grade I – in 6 (37.5 %) patients, grade II – in 3 (18.7 %), grade III – in 7 (43.8 %). SAH grade per the Fischer scale: I – in 2 (12.5 %) patients, II – in 3 (18.7 %), III – in 5 (31.3 %), IV – in 6 (37.5 %).

Temporary clipping of the parent artery lasting on average 200 s (115–395 s) was performed in 8 (47.1 %) cases; among them, in 3 (37.5 %) cases the artery was clipped multiple times, in 5 (62.5 %) cases one time.

ND severity was evaluated prior to surgery during hospitalization and on day 3 (1–13) from the moment of rupture, day 1 after surgery, day 6 (3–16) after rupture, at discharge, day 25 (17–31) after rupture using the National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS).

To study the factors leading to DCI development in patients with transient SCP per IONM, we formed a control group of 19 patients (9 men (47.4 %) and 10 (52.6 %) women) aged 46 (41.0–54.5) years who also had transient SCP during surgery. TcMEP changes were observed in 9

(47.4 %) patients, SSEP changes in 6 (31.6 %) patients, both TcMEP and SSEP changes in 4 (21.6 %) patients, but in all patients of the control group ND did not increase on day 1 after surgery and at the time of discharge.

All patients underwent high-resolution duplex scan of the extracranial parts of the brachiocephalic arteries and transcranial Doppler ultrasonography (TCD) per the standard technique using portable ultrasound systems Sonosite M-turbo (Fujifilm SonoSite Inc., Japan) and Sonoscape S8 (SonoScape Co. Ltd., China) with electronic broadband multi-frequency probes with scanning frequency between 5 and 9 MHz and 1–4 MHz broadband array probes, respectively. During TCD of the extracranial parts of the brachiocephalic arteries, internal carotid arteries in the extracranial sectors (cervical parts, C1 segments per A. Bouthillier) were visualized and located. During ultrasound in 2D gray scale mode and color and spectral Doppler modes, patency of the carotid arteries was evaluated. At the linear part without areas of physiological and pathological turbulence, peak systolic velocity (PSV) was measured. TCD allowed to

visualize and locate color maps of flows in the middle cerebral arteries (segments M1 per A. Bouthillier). Along the whole available length, PSV was measured. For further calculations, maximal measured PSV was used.

Lindegaard ratio (LR) was calculated as the ratio between maximal PSV in the middle cerebral artery and PSV in the ipsilateral internal carotid artery.

Duplex sonography was performed daily prior to surgery and in the postoperative period until the patient was transferred from the intensive care unit to specialized unit. Examination for the postoperative period included maximal values of PSV and LR. Time of deterioration per TCD was the day after surgery when signs of vasospasm were first registered: PSV increase to 120 cm/s and above, LR increase to 3.0 and above, as well as interhemispheric asymmetry in PSV by 30 % or more.

Intraoperative neurophysiological monitoring of TcMEP and/or SSEP was performed using 4-channel neuro-monitor Viking Quest 11.0 (Nicolet Biomedical, USA).

During clipping of aneurysms of the anterior circulation, SSEP from the lower limbs (in response to stimulation of the tibial nerve) and TcMEP from the upper and lower limbs on 2 sides were measured. During clipping of aneurysms of the middle circulation, SSEP from the contralateral upper limb (in response to median nerve stimulation) and TcMEP from the contralateral upper and lower limbs were measured. In case of multiple aneurysms, SSEP and TcMEP from the upper and lower limbs on both sides were measured.

During SSEP registration, parameter changes were considered significant if full loss of N20–P25 cortical component or its amplitude decrease by 50 % or more from the baseline registered at the base level of anesthetic depth after completion of trephination prior to dura mater dissection were observed.

During TcMEP registration, parameter changes were considered significant if full loss of M-response or its amplitude decrease by 50 % or more not restored by 20 mA increase in stimulus or (in case of initial use of maximal stimulus) through facilitation were observed.

The above-described parameter changes were considered permanent if they developed at any stage of the surgery and persisted at the time of its completion; they were considered transient if at the end of surgery they returned to the baseline or acceptable values.

In all patients, endotracheal anesthesia, intravenous anesthesia (based on propofol infusion at dose 0.5–4 mg/kg/h) without or with inhalation anesthetics in a small concentration (sevoflurane 0.2 MAC) were used. Analgesic component was provided by continuous intravenous fentanyl infusion at mean dose 5–12 µg/kg/h. Muscle relaxation was created by rocuronium only during trachea intubation at dose 0.5 mg/kg, at other stages of anesthesia and surgery muscle relaxants were not used.

If TcMEP and/or SSEP SCP developed, neuroprotection measures were taken including irrigation with warm

physiological solution, intravenous bolus administration of 2000 mg citicoline, increase of systemic blood pressure, papaverine application to the wound, changes in mechanical ventilation (increased oxygen concentration in the breathing mixture, increased positive pressure at the end of exhale).

Statistical data processing was performed using online calculators from the <http://www.medstatistic.ru/>, <https://www.jamovi.org> web resources and Microsoft Excel software. Comparison of quantitative characteristics between groups was performed using Student's test for normal distributions or Mann–Whitney test for non-normal distributions. For determination of normality, Shapiro–Wilk test was used. Distribution was considered normal at $p \geq 0.05$. Intergroup comparison per quantitative characteristics was performed using Fisher's exact test and χ^2 -test. Dynamics in the groups were studied using Student's test and McNemar test. All differences were considered significant at $p < 0.05$. Quantitative data in cases of non-normal distribution are presented as Me (Q_1 – Q_3) where Me is median, Q_1 is the first quartile, Q_3 is the third quartile; in cases of normal distribution, as $M \pm \sigma$, where M is mean, σ is standard deviation. Qualitative characteristics are presented as absolute and relative frequencies.

RESULTS

In patients with DCI mean score per the NIHSS prior to surgery was 1 (0–5), on day 1 after surgery – 1 (0–4.5), at the end of hospitalization – 7 (1.0–26.5).

Death occurred in 4 (25.0 %) cases, severe ND was observed in 1 (6.25 %) case, moderate ND – in 6 (37.5 %) cases, mild ND – in 5 (31.25 %) cases. In 2 (12.5 %) patients, ND was transient, in 14 (87.5 %) permanent.

Control SCT in 8 (50.0 %) cases showed ischemic lesions; in 5 (31.25 %) cases, ischemic lesions with secondary hemorrhagic transformation, in 3 (18.75 %) cases, focal pathology was not found.

IONM in patients with DCI in 9 (56.2 %) cases showed no SCP in SSEP and TcMEP, in 7 (43.8 %) cases transient SCP were registered, among them in 3 (42.8 %) patients of both TcMEP and SSEP, in 2 (28.6 %) patients only of TcMEP, in 2 (28.6 %) patients only of SSEP. In 3 (42.8 %) cases, SCP appeared after constant clipping, in 2 (28.6 %) cases at the stage of temporary clipping, and in 2 (28.6 %) cases during aneurysm mobilization.

TCD prior to surgery in 11 (68.75 %) patients showed blood flow characteristics in the reference range. In 5 (31.25 %) patients, signs of vasospasm were observed requiring watchful waiting, and surgeries were performed after normalization of blood flow characteristics.

ND level increased on average on day 3 (2.0–4.5) after surgery which corresponds to worsening TCD characteristics on day 2 (2.0–4.5).

Thus, the group of interest – with transient SCP per IONM and subsequent DCI development – consists of 7 patients including 3 (42.9 %) men and 4 (57.1 %) women

Table 2. Characteristics of transient significant neurophysiological response changes during operation in the delayed cerebral ischemia group vs control group

Parameter	DCI group (n = 7)	Control group (without increasing of ND) (n = 19)	p
Modality of TSR, n (%):			
TcMEP	2 (28.6)	9 (47.4)	0.511
SSEP	2 (28.6)	6 (31.6)	
TcMEP + SSEP	3 (42.8)	4 (21.6)	
Time of worsening, min	7 (5–10)	10 (7.5–12.0)	0.762
Period of worsening, n (%):			
aneurysm mobilization	2 (28.6)	3 (15.8)	0.773
temporary clipping	2 (28.6)	5 (26.3)	
after final clipping	3 (42.8)	9 (47.4)	
several periods	0	2 (10.5)	

Note. DCI – delayed cerebral ischemia; ND – neurological deficit; TcMEP – transcranial motor evoked potentials; SSEP – somatosensory evoked potentials.

Table 3. Ultrasound duplex scanning (USDS) parameter value in patients with transient significant response changes, according to intraoperative neurophysiological monitoring data, in the group with delayed cerebral ischemia and in the control group

Parameter	DCI group (n = 7)	Control group (without increasing of ND) (n = 19)	p
USDS normal values n (%):			
before surgery	4 (57.1)	19 (100)	>0.05
after surgery	0 (0)*	7 (36.8)*	
USDS signs of angiospasm, n (%):			
before surgery	3 (37.5)	0 (0)	>0.05
after surgery	7 (100)**	12 (63.2)**	
Day of USDS data worsening	2 (1.5–2.5)	3 (2–4)	>0.05
Lindgaard index:			
before surgery	2.5 ± 0.7	2.1 ± 0.3	0.08
after surgery	3.5 ± 1.1	2.9 ± 1.1	0.09
Peak systolic blood flow velocity in middle cerebral artery, cm/s:			
before surgery	100 (80–139)	100 (100–118)	0.81
after surgery	175 (139–278)	150 (116–194)	0.092

*Statistically significant decrease in the number of patients with normal linear blood flow velocity by ultrasound, according to the McNemar criterion ($p < 0.001$).

Statistically significant increase in the number of patients with angiospasm by ultrasound, according to the McNemar criterion ($p < 0.01$).

aged 49.6 ± 8.5 years. Comparison of this group with the control group did not show significant differences in age (Student's test, $p = 0.899$), sex (χ^2 -test, $p = 0.350$), aneurysm location (χ^2 -test, $p = 0.615$), rupture period (χ^2 -test, $p = 0.831$), and baseline ND level (Mann–Whitney test, $p = 0.074$) (Table 1).

At the end of hospitalization, ND per the NIHSS was significantly higher in the DCI group (score 7 (10–26.5)) compared to the control group (score 0 (0–0)) (Mann–Whitney test, $p = 0.037$, $p < 0.05$).

Comparison of the 2 groups showed significant differences in SAH severity per the Hunt–Hess scale: the DCI group contained more patients with grade III SAH (42.9 % versus 5.2 %), the control group with grade II SAH (63.2 % versus 14.3 %) (χ^2 -test, $p = 0.026$, $p < 0.05$). However, there were no differences in SAH severity per the Fischer scale (χ^2 -test, $p = 0.179$). No significant differences in the number of patients who underwent temporary clipping of the

parent artery (χ^2 -test, $p = 0.939$) or duration of temporary clipping (Mann–Whitney test, $p = 0.091$) were found.

In terms of neurophysiological characteristics, there were no significant differences in the modalities for which SCP were observed (χ^2 -test, $p = 0.511$), operative time when they were observed (χ^2 -test, $p = 0.773$) or duration of amplitude decrease by 50 % or more (Mann–Whitney test, $p = 0.762$) (Table 2).

Analysis of TCD data of the groups showed significant increase in the number of patients with signs of vasospasm in the postoperative period, and the control group initially did not contain any patients with signs of vasospasm (in the DCI group, vasospasm prior to surgery was observed in 37.5 % of patients, after surgery in 100 % of patients; in the control group prior to surgery, vasospasm was not observed (0 % of patients), after surgery it was observed in 63.2 % of patients (McNemar test, $p < 0.01$)). In both groups, significant PSV increase in the middle cerebral arteries was

observed (in the DCI group prior to surgery: 100 (80–139) cm/s, after surgery: 175 (139–278) cm/s (Mann–Whitney test, $p = 0.001$); in the control group prior to surgery: 100 (100–118) cm/s, after surgery: 150 (116–194) cm/s (Mann–Whitney test, $p = 0.0001$)), as well as an increase in LR (in the DCI group prior to surgery: 2.5 ± 0.7 , after surgery: 3.5 ± 1.1 (Student's test, $p = 0.01$); in the control group prior to surgery: 2.1 ± 0.3 , after surgery: 2.9 ± 1.1 (Student's test, $p = 0.0002$)) without significant differences between the groups. In the postoperative period, PSV in the middle cerebral arteries and LR were higher in the DCI group compared to the control group, but the difference was not statistically significant (Mann–Whitney test, $p = 0.092$; Student's test, $p = 0.071$ respectively; $p > 0.05$) (Table 3).

Statistically significant increase in the number of patients with angiospasm by ultrasound, according to the McNemar criterion ($p < 0.01$).

DISCUSSION

In our study, 46.2 % of patients with DCI had intraoperative transient SCP in TcMEP and SSEP in the form of decreased amplitude by 50 % or more with mean duration of 7 (5–10) minutes. This fact was not previously described in literature, so we made an assumption that this phenomenon plays an important role in DCI pathogenesis. In recent retrospective clinical trials, model of carotid endarterectomy showed that SCP per IONM can indicate decreased cerebrovascular reserve – ability of circulation to increase blood flow in response to various physiological and pharmacological irritants which is the key link in DCI pathogenesis and is a risk factor of late strokes [13]. Reversibility of SCP is caused both by switching on of physiological compensatory mechanisms and a complex of treatment measures during surgery.

According to the literature data, positive prognostic value of ND development on day 1 after surgery for transient loss of TcMEP is 31 %; transient or complete loss of N20 cortical component of SSEP from the upper limbs was prognostically even less favorable (odds ratio 7.55) than critical amplitude decrease and latency increase at the end of surgery (odds ratio 5.63) [14].

However, transient SCP per IONM do not always predict DCI, and absence of transient SCP per IONM in more than half of the cases shows that their absence does not guarantee that the patient won't develop ND later. We suggest that the presence of transient SCP per IONM in some cases can serve as a marker of decreased cerebrovascular

reserve which in the presence of other pathogenetic factors can lead to delayed ND increase in the postoperative period. However, currently we cannot state this as a fact due to low number of observations.

Considering multifactorial nature of DCI (see Figure), from the whole sample of patients with delayed ND increase we selected a group with transient SCP per IONM. Comparison of the 2 groups with transient SCP per IONM – with DCI and without ND increase – showed statistically significant predominance of patients with grade III SAH severity per the Hunt–Hess scale in the 1st group, while in the 2nd group most patients had grade I and II SAH. There were no significant differences per the Fischer scale. Therefore, patients with grade III SAH severity per the Hunt–Hess scale require longer observation in the intensive care unit even in stable condition in the postoperative period.

In both groups, TCD showed significant increase in PSV and LR in the postoperative period on days 3–4 to the level of moderate vasospasm per A.R. Shakhnovich's classification (PSV – 120–200 cm/s). Additionally, in the DCI group higher absolute PSV (175 (139–278) cm/s) and LR (3.5 ± 1.1) values were observed in the postoperative period compared to the control group (PSV 150 (116–194) cm/s, LR 2.9 ± 1.1). However, these differences were not statistically significant. Highly likely, that they did not reach significance due to small sample sizes. This fact allows to assume that in all patients with transient SCP per IONM, similar pathogenic mechanisms are at play including to a greater or lesser degree decreased cerebrovascular reserve which in time reaches clinical significance in patients with higher PSV values approaching level of severe vasospasm. Pathophysiology of this phenomenon cannot be fully explained by retrospective data, further clinical and experimental multicenter trials are necessary.

CONCLUSION

Currently, it is impossible to univocally state that transient SCP per IONM are one of the risk factors of DCI development after clipping of ruptured cerebral arterial aneurysms. Confirmation of this hypothesis requires further study of intraoperative risk factors of DCI development. However, patients with transient and permanent SCP per IONM and grade III SAH severity per the Hunt–Hess scale significantly more frequently develop DCI compared to patients with grade I or II SAH severity. Therefore, these patients require longer observation in the intensive care unit due to the high risk of delayed ND increase.

REFERENCES

1. Zhang Y.B., Zheng F., Stavrinou L. et al. Admission serum iron as an independent risk factor for postoperative delayed cerebral ischemia following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a propensity-matched analysis. *Brain Sci* 2022;12(9):1183. DOI: 10.3390/brainsci12091183
2. Vergouwen M.D., Vermeulen M., van Gijn J. et al. Definition of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage as an outcome event in clinical trials and observational studies: proposal of a multidisciplinary research group. *Stroke* 2010;41(10):2391–5. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.589275
3. Budohoski K.P., Guilfoyle M., Helmy A. et al. The pathophysiology and treatment of delayed cerebral ischaemia following subarachnoid haemorrhage. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2014;85(12):1343–53. DOI: 10.1136/jnnp-2014-307711
4. Rigante L., van Lieshout J.H., Vergouwen M.D. et al. Time trends in the risk of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Neurosurg Focus* 2022;52(3):E2. DOI: 10.3171/2021.12.FOCUS21473
5. Scherschinski L., Catapano J.S., Karahalios K. et al. Electroencephalography for detection of vasospasm and delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective analysis and systematic review. *Neurosurg Focus* 2022;52(3):E3. DOI: 10.3171/2021.12.FOCUS21656
6. Suzuki H., Kawakita F., Asada R. Neuroelectric mechanisms of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Int J Mol Sci* 2022;23(6):3102. DOI: 10.3390/ijms23063102
7. Rautalin I., Juvela S., Martini M.L. et al. Risk factors for delayed cerebral ischemia in good-grade patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Am Heart Assoc* 2022;11(23):e027453. DOI: 10.1161/JAHA.122.027453
8. Castillo J.L., Reyes S.P., Gutiérrez R. et al. [Quantitative electroencephalogram for prediction of delayed ischemia in subarachnoid haemorrhage. Report of one case (In Spanish)]. *Rev Med Chil* 2021;149(9):1377–81. DOI: 10.4067/S0034-98872021000901377
9. Sinkin M.V., Kaimovsky I.L., Komoltsev I.G. et al. Electroencephalography in acute stroke. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry* 2020;120(8–2):10–16. (In Russ.).
10. Ghavami F., Choudhri O., Marks M., López J.R. Intraoperative neurophysiologic monitoring (IONM) changes associated with a case of delayed thalamic infarct: implications for postoperative management. *J Clin Neurosci* 2018;47:139–42. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.10.035
11. Surgery of cerebral aneurysms. Ed. by V.V. Krylov. In three volumes. Vol. I. Moscow, 2011. 432 p. (In Russ.).
12. Dodd W.S., Laurent D., Dumont A.S. et al. Pathophysiology of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: a review. *J Am Heart Assoc* 2021;10(15):e021845. DOI: 10.1161/JAHA.121.021845
13. Domenick Sridharan N., Chaer R.A., Thirumala P.D. et al. Somatosensory evoked potentials and electroencephalography during carotid endarterectomy predict late stroke but not death. *Ann Vasc Surg* 2017;38:105–12. DOI: 10.1016/j.avsg.2016.07.064
14. Kashkoush A.I., Jankowitz B.T., Nguyen C. et al. Perioperative stroke after cerebral aneurysm clipping: risk factors and postoperative impact. *J Clin Neurosci* 2017;44(10):188–95. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.06.030

Authors' contributions

N.A. Bobriakov: developing the research design, performing intraoperative neuromonitoring, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, reviewing of publications on the topic of the article, article writing;
 S.I. Petrov, A.G. Moskalev: performing operations, supervision of patients, instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, scientific editing, scientific advice;
 E.V. Sereda: performing operations, supervision of patients, instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing, scientific editing, scientific advice;
 A.A. Ponomarev: performing operations, assisting in surgery, instrumental diagnostics, supervision of patients, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;
 I.Yu. Kazankov: developing the research design, performing operations, assisting in surgery, instrumental diagnostics, supervision of patients, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;
 E.Yu. Sedova: instrumental diagnostics, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;
 E.N. Maksimova: anesthetic support for surgical interventions, supervision of patients, obtaining data for analysis, article writing.

ORCID of authors

N.A. Bobriakov: <https://orcid.org/0000-0003-3818-2957>
 S.I. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-5132-5417>
 E.V. Sereda: <https://orcid.org/0000-0003-4288-4126>
 A.G. Moskalev: <https://orcid.org/0000-0002-7360-8856>
 A.A. Ponomarev: <https://orcid.org/0000-0003-0969-9244>
 I.Yu. Kazankov: <https://orcid.org/0000-0002-2502-7184>
 E.Yu. Sedova: <https://orcid.org/0000-0003-0017-4791>
 E.N. Maksimova: <https://orcid.org/0000-0002-7013-6689>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was performed without external funding.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Irkutsk Regional Clinical Hospital with the Order of the Badge of Honor (protocol No. 68 from 26.04.2016). All patients gave written informed consent to participate in the study.

Article submitted: 30.03.2023. **Accepted for publication:** 25.01.2024.

SURGICAL TECHNIQUES FOR TREATMENT AND PREVENTION OF ENTRAPPED TEMPORAL HORN AFTER RESECTION OF TRIGONE VENTRICULAR TUMORS

S.A. Maryashev, R.E. Ishkinin, N.S. Grachev, V.Yu. Zhukov, D.I. Pitskhelauri

N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia

Contacts: Nikita Sergeevich Grachev b92gnsng@gmail.com

Aim. To analyze the effectiveness of treatment and prevention of entrapped temporal horn (ETH) using various techniques.

Materials and methods. The study included 14 patients who underwent treatment or surgical prevention of ETH of the lateral ventricle after surgical resection of tumors in the projection of the trigone of the lateral ventricle. In 3 cases, microsurgical ventriculocisternostomy was performed; in 3 cases, shunting surgeries for ETH treatment; in 8 cases, ETH stenting.

Results. Tumor resection level, stenting effectiveness per presence/absence of hydrocephalus, and adequacy of the chosen ETH treatment and prevention methods were analyzed. In all 3 cases of ventriculocisternostomy, tumor resection was radical, stoma was strong, ETH opened, hydrocephalus was absent. In 3 patients with shunt implantation, radical resection was performed in 1 case; in 2 cases subtotal resection was achieved; shunt dysfunction due to tumor progression was observed in 1 patient during long-term follow-up. In 7 of 8 patients with cases of ventricular stent implantation for treatment/prevention of ETH, tumor resection was total; in 1 patient subtotal. Stenting performed in the postoperative period for treatment of hydrocephalus had positive clinical effect in 100 % of cases (non-focal neurological symptoms, stasis in the fundus, speech disorders regressed). In stenting for hydrocephalus prevention, a positive effect was also observed (no increase in the size of the ventricular system, shunting surgeries in the postoperative period were not required).

In the analyzed patient group ($n = 14$), *de novo* neurologic deficit did not develop, no cases of infectious complications and cerebrospinal fluid leak were observed, stent did not dysfunction.

Conclusion. Intraoperative ventriculocisternostomy is a reliable physiological technique for ETH prevention. Stenting of the ventricular system is an accessible and effective technique for ETH prevention. Single-step stenting after tumor resection allows to avoid this complication in the long-term and is not associated with surgical complications of distal stenting. The use of stenting surgeries has its advantages and disadvantages which makes this method acceptable but not universal. Implantation of shunt in the long-term period is the method of choice for ETH treatment.

Keywords: entrapped temporal horn, trigone ventricular tumors, ventriculocisternostomy, shunting surgeries, entrapped temporal horn stenting

For citation: Maryashev S.A., Ishkinin R.E., Grachev N.S. et al. Surgical techniques for treatment and prevention of entrapped temporal horn after resection of trigone ventricular tumors. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):44–53. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-44-53>

BACKGROUND

Microsurgical resection of trigone ventricular tumors can lead to development of a specific complication – entrapped temporal horn (ETH) [1]. This is a secondary complication and develops when the temporal horn is sealed off from the ventricular system after tumor resection. It is easy to see on postoperative computed tomography and/or magnetic resonance images [2].

Continuous secretion of cerebrospinal fluid from the choroid plexus in a relatively closed space leads to progressive

enlargement of the temporal horn which, in turn, leads to temporal herniation and compression of the brainstem manifesting through depressed level of consciousness, hemiparesis, memory loss, loss of visual fields [3].

Literature data on ETH are limited and mostly include small case series or individual case descriptions, as well as proposals of approaches to surgical treatment [4–12]. Usually, ETH is manifested symptomatically, and its treatment requires surgical intervention. Cases of asymptomatic ETH with its spontaneous regression exist,

therefore the incidence of this complications is hard to determine [1, 2].

According to literature data, there are no representative studies on incidence of this complication, no precise algorithm of management and treatment of such patients, no defined indications for surgical treatment. Nevertheless, literature contains reports on treatment approaches.

In this article, analysis of ETH treatment and ways of its prevention are presented. The proposed technique allows to avoid this complication and the necessity of its treatment in the long-term.

Aim of the study is to analyze the effectiveness of treatment and prevention of ETH using various techniques.

MATERIALS AND METHODS

Clinical data of patients. The study included 14 patients who underwent surgical treatment or surgical prevention of ETH of the lateral ventricle after surgical resection of tumors in the projection of the trigone of the lateral ventricle between 2020 and 2021.

Among 14 patients, in 3 cases microsurgical ventriculocisternostomy was performed; in 3 cases, shunting surgeries for ETH treatment; in 8 cases, ETH stenting after resection of lesions in the trigone of the lateral ventricle. In 4 patients, ETH stenting was performed intraoperatively (as complication prevention); in 4 patients, in the postoperative period in the first 3 months after resection of trigone ventricular tumor (due to development of monoventricular hydrocephalus). Patient data are presented in Table. 1.

Ventriculocisternostomy. Operation technique: amygdala area is gradually aspirated, and the interpeduncular cistern is opened. Additionally, the Liliequist membrane is dissected. This allows to visualize the basilar artery, nerve III on the left and right. In the interpeduncular cistern, adhesions are dissected, and the temporal horn is connected with the basal cisterns (Fig. 1).

Table 1. Baseline characteristics for patients with entrapped temporal horn by groups with different types of treatment

Characteristic	Stenting (n = 8)	Shunting (n = 3)	Cysterno- stomy (n = 3)
Average age (range), year	41 (28–63)	53 (43–68)	30 (24–35)
Sex, n (%): female male	5 (62.5) 3 (37.5)	1 (33.3) 2 (66.7)	2 (66.7) 1 (33.3)
Clinical presentation, n (%): headache increased intracranial pressure decreased level of wakefulness pyramidal symptoms violation of visual fields nausea, vomiting epilepsy unsteadiness	8 (100) 3 (37.5) 2 (25) 2 (25) 4 (50) 5 (62.5) 2 (25) 4 (50)	2 (66) 0 2 (66) 0 0 2 (66) 0 1 (33)	1 (33) 1 (33) 2 (66) 0 0 1 (33) 0 0
Histological type of tumor, n (%): high grade gliomas neurocytoma meningioma	4 (50) 3 (37.5) 1 (12.5)	2 (66) 0 1 (33)	2 (66) 1 (33) 0

ETH stenting. Technique of ventricular system stenting: after resection and good visualization of the main anatomical landmarks – entrance into the temporal horn, choroid plexus, and entrance into the ventricle – rostral end is implanted into the body of the ventricle 3–4 cm deep, and the distal part of the catheter is guided into the temporal horn. Depending on obstruction level, stenting can be ipsilateral (connecting the anterior horn, foramen of Monro, and temporal horn) or contralateral (anterior horn – pellucid septum – temporal horn). At the end of the

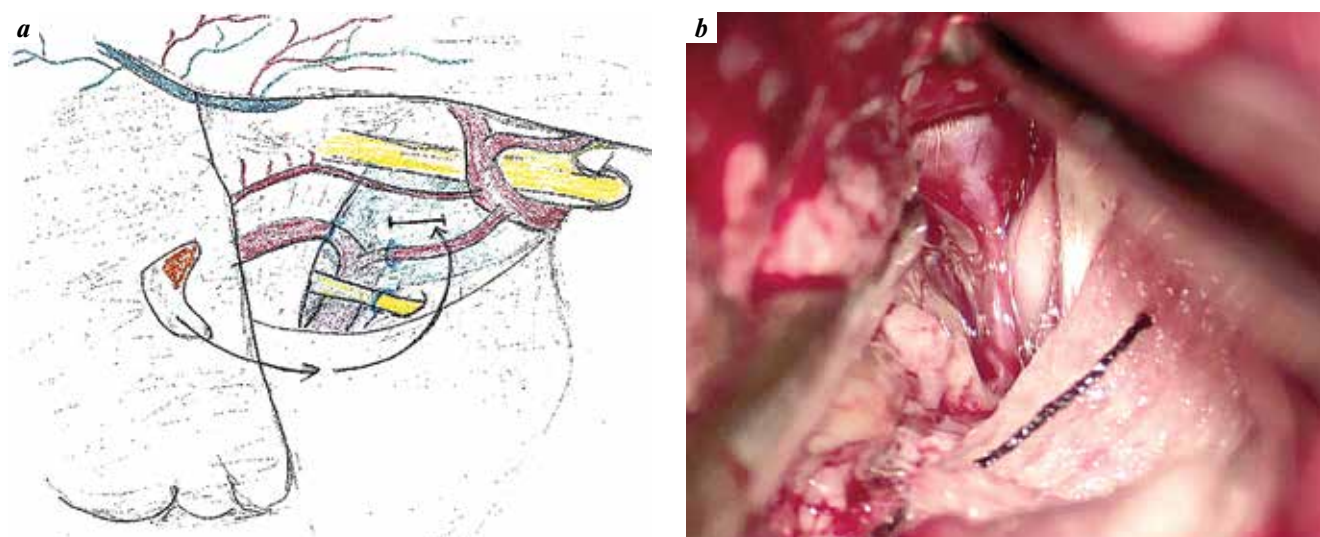


Fig. 1. Ventriculocisternostomy stages: a – dissection of the Liliequist membrane for ventriculocisternostomy (diagram); b – entrance into the pontomedullary cistern from the posterior connecting artery to the posterior cerebral artery (intraoperative photo)

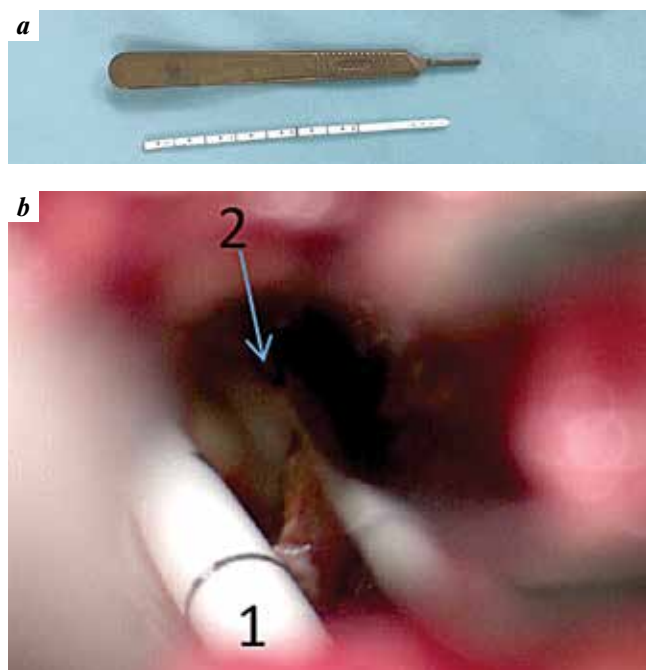


Fig. 2. Ventricular stenting: *a* – ventricular catheter (photo); *b* – ventricular catheter (1) inserted into the slit-like lumen of the temporal horn (2) (intraoperative photo)

section, a case of single-step resection of a ventricular tumor with stenting is presented (see Fig. 4 below).

For stenting, a ventricular catheter is used. The length is chosen individually based on neuroimaging and ventriculometry data. On average, ventricular catheter is 7–10 cm long. Additionally, at the ventral part of the catheter, a hole is made with surgical scissors. To lock it in the area of anatomical narrowing, a cuff is used cut from the ventricular catheter (Fig. 2).

Under microsurgical control, the surgeon lowers the stent to the desired depth connecting the ventricular system elements. In cases of stent instability, a cuff is made. The wound is irrigated with physiological solution multiple times, surgical gauze is used if necessary.

The main indications for preventative stenting of the temporal horn are diffuse infiltrative tumor growth, gross infiltration of the ependyma at the trigone, residual tumor.

Stenting in the long-term postoperative period is associated with certain difficulties. Changed anatomy,

scarring process, and postoperative ependyma changes complicated the search for the entrance into the temporal horn and lateral ventricle. Therefore, for selection of stoma formation and stenting trajectory, detailed study of magnetic resonance imaging (MRI) data with perioperative planning are necessary. As supportive techniques, ultrasound and electromagnetic navigation can be used intraoperatively.

RESULTS

The following parameters were evaluated in the analyzed group: tumor resection level, stenting effectiveness per presence/absence of hydrocephalus during follow-up period, and adequacy of the selected ETH treatment and prevention method. Treatment results are presented in Table 2.

Ventriculocisternostomy for ETH treatment and prevention. In all 3 (100 %) cases, resection was radical, stoma was strong. ETH was opened, no hydrocephalus was observed.

Shunting surgery for ETH treatment. Among 3 patients who underwent stent implantation, radical resection was achieved only in 1 case; in 2 other cases tumor resection was subtotal.

In 1 case, stent dysfunction developed in the long-term due to tumor progression and penetration of the ventricular catheter by the tumor 2 months after ventriculoperitoneal shunt implantation (Fig. 3).

Control MRI 2 months later showed significant negative dynamics: tumor recurrence with growth into the ventricular catheter area which, in turn, led to hydrocephalus progression. Considering continued tumor growth and hydrocephalus progression, repeat surgical intervention was performed: microsurgical resection of occipital lobe glioblastoma recurrence with simultaneous ETH stenting.

Implantation of ventricular stent for ETH treatment and prevention after resection of trigone ventricular tumor. In 7 of 8 cases, resection was total. In 1 case, resection was subtotal. In all cases, the effectiveness of stenting was evaluated in the early postoperative period, during control MRI exam 3–6 months later, and during the follow-up exam. Stenting was considered effective if in the postoperative period clinical symptoms regressed, hydrocephalus did not progress, and shunting surgeries were not necessary. Stenting in the postoperative period (to treat

Table 2. Results of treatment and prevention of entrapped temporal horn

Parameter	Stenting (<i>n</i> = 8)	Shunting (<i>n</i> = 3)	Cysternostomy (<i>n</i> = 3)
Tumor resection, <i>n</i> (%):			
total resection (100 %)	7 (87.5)	1 (33)	0
subtotal resection (90–95 %)	1 (12.5)	2 (66)	3 (100)
Stenting effectiveness, <i>n</i> (%)	8 (100)	3 (100)	3 (100)
Operation selection algorithm	1 st line of treatment	Inability to perform microsurgical stenting	Tumor in the temporal uncus

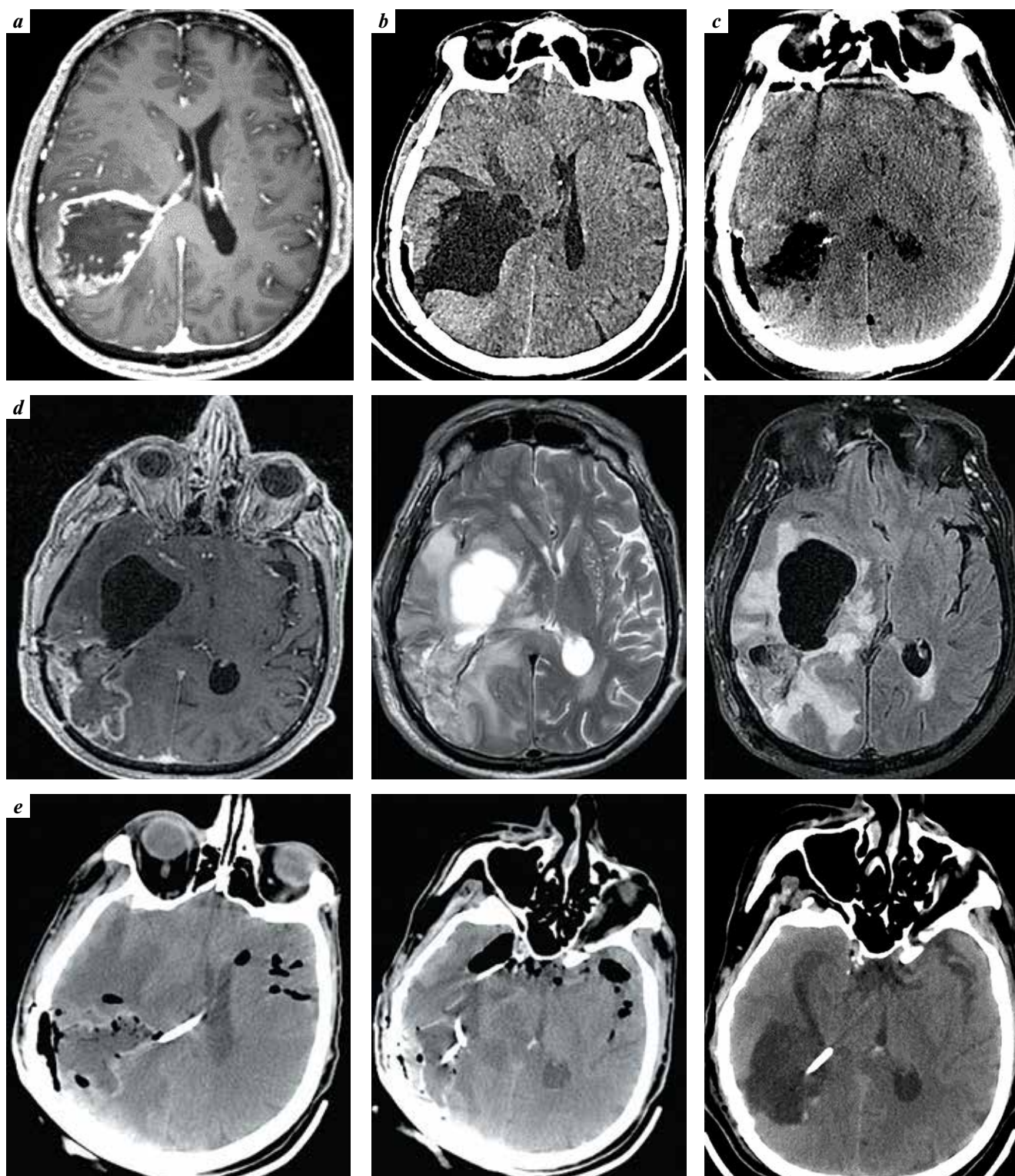


Fig. 3. Magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) of the brain of a male patient who underwent shunting surgery: *a* – contrast-enhanced MRI prior to surgery: tumor in the trigone area of the right lateral ventricle is visible; *b* – CT immediately after surgery: radical tumor resection and absence of surgical complications; *c* – CT 14 days after tumor resection: appearance of entrapped temporal horn is observed; *d* – MRI 1 month after surgery; *e* – CT after shunt implantation: ventricular end of the shunt is visualized in the projection of the entrapped temporal horn

developed hydrocephalus) had positive clinical effect in 100 % of cases: non-focal neurological symptoms, stasis in the fundus, speech disorders regressed. In patients who

underwent stenting to prevent hydrocephalus, positive effect was also observed: the size of the ventricular system did not increase, shunting surgeries were not necessary (Fig. 4).

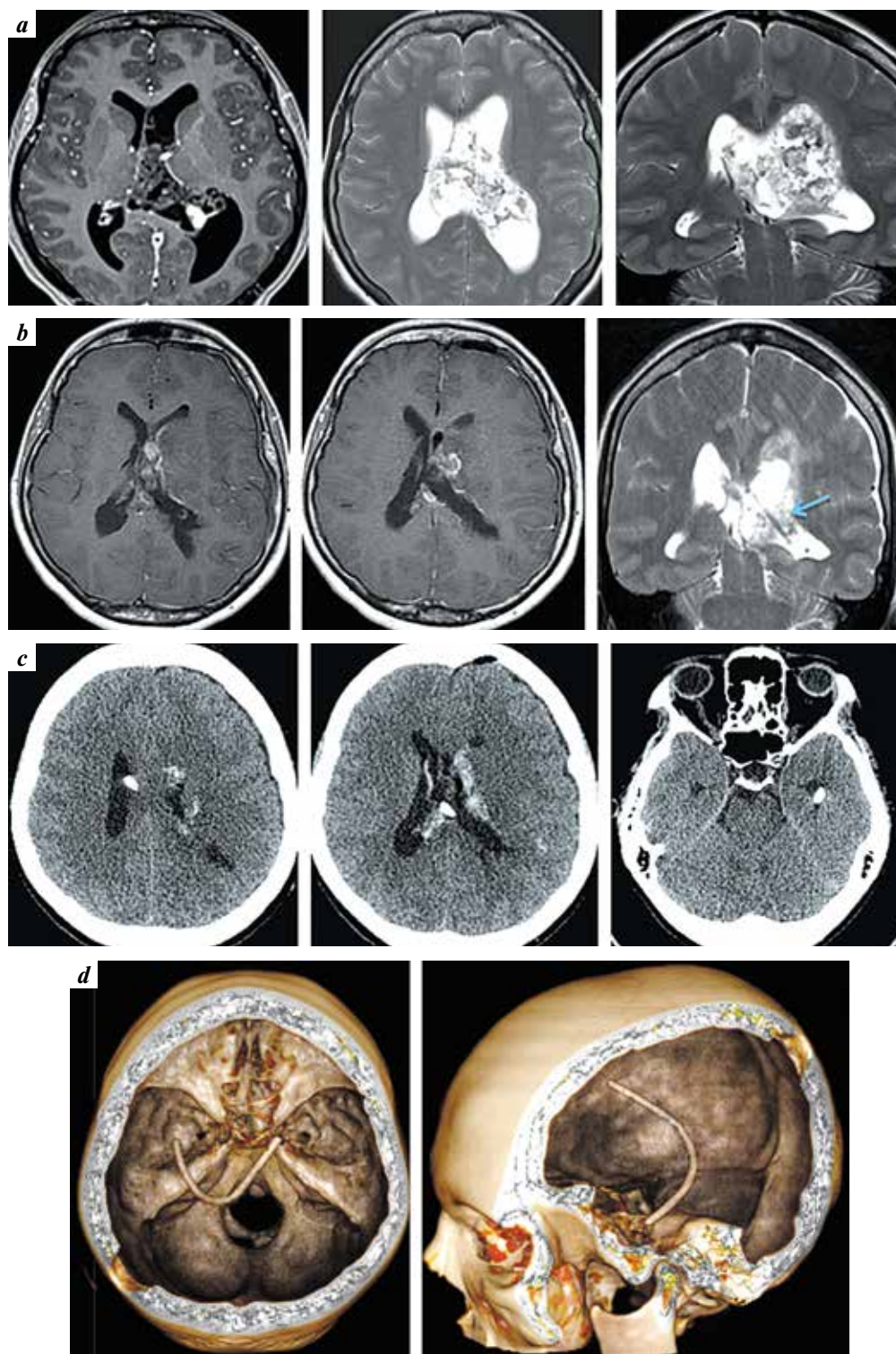


Fig. 4. Examination data of a female patient who underwent resection of central neurocytoma of the left lateral ventricle with single-step stenting of the ventricular system: *a* — preoperative contrast-enhanced T1- and T2-weighted magnetic resonance images: hyperintense space-occupying lesion advancing into the pellucid septum, anterior horn, body and trigone of the left ventricle areas heterogeneously accumulating the contrast agent is visualized; *b* — postoperative contrast-enhanced T1-weighted magnetic resonance images: absence of residual tumor; in the trigone projection, ventricular catheter (arrow) is visualized; *c, d* — axial computed tomography images (*c*) and 3D reconstruction (*d*) show the location of ventricular catheter in the ventricular system

Complications. In the analyzed group, *de novo* neurologic deficit did not develop, and there were no cases of infectious complications and cerebrospinal fluid leakage.

Stent dysfunction was not observed in any of the cases. In 1 case after stent installation, stent instability developed due to continued tumor growth 2 months later with tumor

Table 3. Advantages and disadvantages of different techniques of entrapped temporal horn (ETH) treatment

Method of surgical treatment	Advantages	Disadvantages	Показания Indications
Ventriculoperitoneal shunting	- Regression of intracranial pressure - High effectiveness	- Dependence on the shunt - Complications: infections, hypo- and hyperdrainage - Possibility of advancement into the abdominal cavity in cases of malignant tumors	Suitable for all cases
Frontotemporal stenting	No risk of malignant cell dispersing outside the ventricle	- Impossible in narrow ventricles - Tumor growth can dislodge the stent	Wide ventricular system, especially the anterior horn
Endoscopic fenestration	- No risk of malignant cell dispersion - Can be used in cases of ventriculitis	- Possibility of spontaneous stoma closure, especially after radiotherapy - Requires neuronavigation	- Suitable anatomy for the surgery - Requires biopsy
Endoscopic fenestration with stenting	- No risk of malignant cell dispersion - Stent provided additional stoma strength	- Risk of stent infection - Tumor growth can dislodge the stent - Risk of stent migration - Requires neuronavigation	- Favorable anatomy for the surgery - Requires biopsy
Microsurgical connection of the ETH with the ambiens cistern	No risk of malignant cell dispersion	More invasive procedure	- Alternative to endoscopy - Required biopsy
Microsurgical fenestration	Restores cerebrospinal fluid dynamics between the ETH and lateral ventricle	Risk of stoma closure	Favorable anatomy for microsurgical fenestration of the wall between the ETH and the ventricular system

penetration into the ventricular catheter which led to hydrocephalus progression (see Fig. 3).

DISCUSSION

Partial isolated enlargement of the lateral ventricle is a special form of obstructive hydrocephalus which causes enlargement of the temporal horn, occipital horn, and trigone. The first description of ETH was presented by Cairns and Daniel in 1947. According to Y. Wang et al., ETH develops in 19 % of cases of trigone ventricular tumor resection [1].

According to literature data, in 68.4 % patients ETH is a late complication (mean time between tumor resection and ETH development is 4.4 months, range is 1–10 months) [1]. Late ETH development can be caused by slow nature of obstruction and decreased production of cerebrospinal fluid from the choroid plexus after its coagulation during tumor resection from the trigone [6, 7]. Therefore, patients who had successful resection of trigone ventricular tumors, must be followed-up for a long time. In cases when discharged patient demonstrates new neurologic deficit or impairment, immediate computed tomography or MRI are necessary to find the cause of focal symptoms. If diagnosis of late postoperative ETH is confirmed, the patient should be carefully monitored, and in many cases repeat surgical intervention is necessary.

Currently, there is no universal technique for treatment of this complication [1, 8]. All methods of EHT surgical treatment can be divided into 3 groups:

- shunting surgeries;
- surgeries creating additional communication between the elements of the ventricular system (stoma formation);
- stenting surgeries (stent installation into the stoma).

The most common are shunting surgeries. Various techniques of ETH shunting have been described: single-step shunting of the frontal and temporal horns [9] and shunting of the temporal horn into the prepontine cistern [10]. In temporal-to-frontal horn shunt, 2 ventricular catheters are installed: in the frontal horn at first (usually, from the Kocher point), then into the temporal horn (near the lower part of the temporal bone squama), and the catheters are attached through a connector to the cerebrospinal fluid pump [9]. Temporal horn-to-prepontine cistern shunt requires stereotactic navigation [10]. The use of these techniques is limited by the necessity of stereotactic navigation, absence of visual control, and possibility of hyperdrainage syndrome. Non-resorptive hydrocephalus is a valid advantage of shunting surgeries.

The aim of microsurgical connection of the temporal horn with the basal cisterns is creation of physiological stoma between the temporal horn and cerebrospinal fluid pathways. The undeniable advantage of this approach is the absence of implants. To create such stoma, the surgeon should have sufficient microsurgical experience. Cases of stoma dysfunction due to scarring process were described.

There is a large number of articles on endoscopic and microsurgical treatment of this complication. Enlarged ventricular system and good visualization of the neurovascular

structures make microsurgery and videoendoscopy the most widely available and simple methods of surgical treatment of ETH. Usually, fenestration is used with neuronavigation to select the optimal perforation point. The point of the surgery is to dissect adhesions (most commonly located at the trigone) and restore normal flow of the cerebrospinal fluid [11]. Additionally, the literature present successful cases of neuroendoscopic temporal ventriculocisternostomy [12]. The ideal point of perforation was chosen in the area below the visual tract and anterior choroid artery and above nerve III and posterior communicating artery.

The described cases of ventricular system stenting (single-step after tumor resection or postoperative) demonstrate the possibility of reliable ETH prevention after resection of trigone ventricular tumors disturbing connection between the ventricular system chambers. The disadvantage of this method is the presence of a foreign body.

In every individual case, the operating surgeon should make the optimal decision on ETH treatment based on anatomical characteristics, ETH severity, edema, etc. Advantages and disadvantages of various ETH treatment methods are listed in Table 3.

CONCLUSION

Intraoperative single-step ventriculocisternostomy is a reliable method of physiological ETH prevention. To create stoma, the surgeon should have good manual microsurgical skills. Stenting of the ventricular system is a widely available and effective microsurgical method of ETH prevention. Single-step stenting allows to avoid this complication and repeat surgeries in the long-term and is not associated with surgical difficulties of late stenting.

The use of stenting surgeries has a number of significant advantages: operation and catheter implantation are fully performed under visual control of the surgeon, absence of syphon and valve mechanisms prevents hyperdraining and slit ventricle syndrome.

The obvious advantages and disadvantages (possibility of catheter infection, technical difficulty, high invasiveness of the procedure) make this method acceptable but not universal. Implantation of a shunting system in the long-term is the method of choice for ETH treatment. The absolute indication for the use of a shunting system is non-resorptive hydrocephalus. The effectiveness of shunting system is limited by its dysfunction.

REFERENCES

1. Wang Y., Lin Z., Li Z. et al. The incidence and risk factors of postoperative entrapped temporal horn in trigone meningiomas. *World Neurosurg* 2016;90:511–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.03.040
2. Abderrahmen K., Gdoura Y., Kallel J., Jemel H. [Trapped temporal horn, an unusual form of obstructive hydrocephalus: 5 case-reports (In French)]. *Neurochirurgie* 2016;62(2):108–12. DOI: 10.1016/j.neuchi.2015.09.001
3. Maurice-Williams R.S., Choksey M. Entrapment of the temporal horn: a form of focal obstructive hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1986;49(3):238–42. DOI: 10.1136/jnnp.49.3.238
4. Spallone A., Belvisi D., Marsili L. Entrapment of the temporal horn as a cause of pure wernicke aphasia: case report. *J Neurol Surg Rep* 2015;76(1):e109–12. DOI: 10.1055/s-0035-1549225
5. Maryashev S.A., Ishkinin R.E., Pitskhelauri D.I., Chmutin E.G. Lateral ventricular stenting as a method of preventing the development of an isolated temporal horn after removal of a tumor of the lateral ventricle. Clinical observation and literature review. *Vestnik nevrologii, psikiatrii i neirokhirurgii = Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery* 2021;9. (In Russ.). DOI: 10.33920/med-01-2109-04 Available at: <https://panor.ru/articles/stentirovanie-bokovogo-zheludochka-kak-metod-profilaktiki-razvitiya-izolirovannogo-visochnogo-roga-posle-udaleniya-opukholi-bokovogo-zheludochka-klinicheskoe-nablyudenie-i-obzor-literatury/70275.html>
6. Oi S., Abbott R. Loculated ventricles and isolated compartments in hydrocephalus: their pathophysiology and the efficacy of neuroendoscopic surgery. *Neurosurg Clin N Am* 2004;15(1):77–87. DOI: 10.1016/S1042-3680(03)00072-X
7. Lin Z., Wang C., Gao Z. et al. Clinical characteristics of and treatment protocol for trapped temporal horn following resection of lateral ventricular trigone meningioma: a single-center experience. *J Neurosurg* 2019;132(2):481–90. DOI: 10.3171/2018.11.JNS182710
8. Krähenbühl A.K., Baldauf J., Gaab M.R., Schroeder H.W. Endoscopic temporal ventriculocisternostomy: an option for the treatment of trapped temporal horns. *J Neurosurg Pediatr* 2013;11(5):568–74. DOI: 10.3171/2013.2.PEDS12417
9. Hervey-Jumper S.L., Ziewacz J.E., Heth J.A., Sullivan S.E. Frontal-to-temporal horn shunt as treatment for temporal horn entrapment. *J Neurosurg* 2010;112(2):410–3. DOI: 10.3171/2009.3.JNS081423
10. Chen C.C., Kasper E.M., Zinn P.O., Warnke P.C. Management of entrapped temporal horn by temporal horn to prepontine cistern shunting. *World Neurosurg* 2013;79(2):404.e7–10. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.02.025
11. Zhang B., Wang X., Li C., Li Z. Neuroendoscopic fenestration for entrapped temporal horn after surgery: report of 3 cases. *World Neurosurg* 2018;112:77–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.096
12. Paredes I., Orduna J., Fustero D. et al. Endoscopic temporal ventriculocisternostomy for the management of temporal horn entrapment: report of 4 cases. *J Neurosurg* 2017;126(1):298–303. DOI: 10.3171/2016.1.JNS152248

Authors' contributions

S.A. Maryashev: performing surgical operations, article writing;
N.S. Grachev: data collection for analysis;
V.Yu. Zhukov: scientific editing;
D.I. Pitskhelauri: performing surgical operations.

ORCID of authors

S.A. Maryashev: <https://orcid.org/0000-0002-0108-0677>
R.E. Ishkinin: <https://orcid.org/0000-0003-4695-3715>
N.S. Grachev: <https://orcid.org/0000-0002-6390-4192>
V.Yu. Zhukov: <https://orcid.org/0000-0002-2523-3009>
D.I. Pitskhelauri: <https://orcid.org/0000-0003-0374-7970>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was performed without external funding.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. All patients signed an informed consent to participate in the study.

SURGICAL TREATMENT OF GANGLIOGLIOMAS IN FUNCTIONAL AREAS OF THE BRAIN IN CHILD: A LITERATURE REVIEW AND CLINICAL CASES

D.V. Nizolin, A.V. Kim, Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva, N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva, K.A. Samochernykh

V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratova St., St. Petersburg 197341, Russia

Contacts: Dmitry Vladimirovich Nizolin dlarinskij@mail.ru

Surgical treatment of tumors located near functional areas involves the use of technologies such as awake craniotomy, cortical and subcortical stimulation. The introduction of these and other technologies makes it possible to achieve maximum resection of the tumor without compromising the functional status of the patient. The use of this technologies has been well studied in adults, but this not about pediatric patients.

Aim of the work is to present two clinical cases of successful treatment of low-grade gliomas of functional areas of the brain in children and literature review.

In clinical cases, damage of functionally significant areas were noted: the sensory speech cortex and the corticospinal tract. The involving speech cortex in the first case was also confirmed by functional magnetic resonance imaging. In the first case, an operation was performed with awake craniotomy, using cortical and subcortical mapping, in the second, using subcortical mapping and metabolic navigation. Total tumor resection was achieved in both clinical cases with a good functional outcome.

Achieving an optimal balance of functional outcome and the degree of radical removal of low-grade tumors of functional areas is possible using an integrated approach based on the analysis of multimodal data.

Keywords: functional areas, awake craniotomy, cortical stimulation

For citation: Nizolin D.V., Kim A.V., Zueva Yu.A. et al. Surgical treatment of gangliogliomas in functional areas of the brain in child: a literature review and clinical cases. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(2):61–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-2-61-69>

BACKGROUND

Currently, it is undeniable that maximal resection of glial tumors plays a crucial role in treatment of both adults and children [1–4]. However, increased resection volume can be associated with persistent neurologic deficit and significantly worse quality of life [2]. Achieving a balance between oncological utility and functional outcome is the priority of modern neuro-oncology. This statement is especially important in cases of gliomas of functionally critical areas (FCA). The problem of surgery of FCA tumors is sufficiently studied in the adult population which is reflected in a large number of observation series, but it is not applicable to neurosurgery in children [2, 5, 6].

It is hard to accurately estimate the incidence of FCA tumors of the cerebral hemispheres in children. However, in Russia 1000–1200 new cases of brain tumors in children are registered annually, 25 % of which are located supratentorially [7]. According to international literature, about 40 % of brain tumors in children are located in the supratentorial area, among them 20 % in FCA [8].

Successful treatment of FCA gliomas requires awake craniotomy (AC), various neuromonitoring and

neuroimaging techniques. Selection of the technology directly depends on the area of interest and the function it governs.

Use of AC allows to decrease the risk of permanent neurologic deficit after surgical treatment of both low- and high-grade glial tumors [8–11]. Meta-analysis of a series of operations with awakening showed that the frequency of neurologic deficit was decreased by 58 % and radicality was increased compared to procedures without intraoperative mapping [12]. A review encompassing 951 cases showed that awake surgery leads to shorter hospital stay (4 days *versus* 9 days) and lower number of neurologic complications (7 % *versus* 23 %) compared to similar surgeries without awakening [13]. However, despite growing experience of AC, this approach is still rarely used in children which is reflected in a low number of case series [5, 6, 14–17]. Nonetheless, AC in children is possible and demonstrates similar level of effectiveness compared to AC in the adult population in some conditions [5].

The aim of this study is to describe 2 clinical cases of successful treatment of pediatric patients with low-grade FCA gliomas and to present a literature review of this problem.

SURGICAL TREATMENT OF LOW-GRADE GLIOMAS OF FUNCTIONALLY CRITICAL AREAS OF THE BRAIN IN CHILDREN

The technique of AC in children, as well as patient selection criteria, are well described (despite insufficient number of case series), which cannot be said about cortical stimulation mapping.

Pediatric practice does not have a universal protocol of language zone stimulation. Data based on the available case series vary in stimulation parameters. Thus, in the L.N. Lohkamp et al. study, starting current of 1 mA and maximal of 7 mA is recommended [17], but J.A. Balogun et al. used stimulation intensity between 3 and 14 mA [6].

Subcortical stimulation is considered the gold standard of corticospinal tract identification. However, this technique is still not standardized [18–20]. In some studies, motor evoked potentials during stimulation of the corticospinal fibers with 1–2 mA current are considered crucial [19, 20]. Other data shows that if responses with such current are achieved, operation can be continued if the surgeon is confident that the tumor can be completely removed [21].

Meanwhile, results of analysis of 294 surgeries with subcortical stimulation showed that white matter tracts can be identified when resection margin is already inside in the tract of interest or at a distance of 2–3 mm which significantly increases the risk of their damage [22].

Subcortical stimulation allows to identify white matter tracts intraoperatively, but information on the location and direction of the tracts is necessary at the planning stage.

Diffusion tensor images became the main technique for tract identification during preoperative planning. In the brain, unidirectional movement of water molecules is called anisotropy. In the white matter, water molecules move in parallel to the axons, therefore this movement can be observed and give information on the location of the tracts [23].

Comparison of tractography and subcortical stimulation data showed quite optimistic results. In some studies, to compare the results of preoperative tractography and intraoperative subcortical stimulation the distance between subcortical stimulation point and neuronavigation station data was used [24, 25]. This distance is about 8.7 mm [26, 27].

The use of tractography data and neuronavigation systems demonstrated good practical results. J.S. Wu et al. showed that neuronavigation with tractography based on diffusion tensor imaging without subcortical stimulation allow to significantly decrease postoperative motor deficit in patients with maximally resected gliomas [28]. A. Romano et al. evaluated the use of tractography both at the planning stage and intraoperatively in a study with 28 patients. They showed that tractography affected the selection of approach in 25 % of cases, identification of resection margin in 64 % of cases. Similar results were obtained in other studies of patients with tumors [29].

In general, the majority of studies showed that tractography based on diffusion tensor imaging is a

sufficiently accurate method of identification of motor, speech, and visual pathways. However, tract identification becomes difficult in cases of significant edema, crossing of the fibers [24, 30]. So-called brain shift can also limit the use of tractography with neuronavigation. This restriction can be partially resolved by using real-time ultrasound scanning in combination with neuronavigation [31].

Apart from identification of white matter tracts at the planning stage, information on the location of the FCAs themselves is necessary. For this purpose, functional magnetic resonance imaging (fMRI), a technique based on the changes of cerebral blood flow in areas of increased neural activity, is used. The BOLD (blood oxygenation level-dependent) phenomenon underlying this technique is associated with different magnetic characteristics of 2 modifications of iron-containing hemoglobin molecules – oxy- and deoxyhemoglobin. Increased metabolic activity of the neurons leads to increased blood flow intensity which is observed in fMRI. During the exam, cortical response to speech or voluntary finger movement, etc., is detected [32]. This technique has its limitations associated with movement artifacts, as well as signal distortion by tumor-supplying vessels [17, 32]. Currently, fMRI at rest is being used with increasing frequency as it also recommended itself as a good technique for preoperative FCA identification. The advantages of this method include the ability to fully identify the network of a certain FCA and not only its part responsible for performing a task. This method also does not require a task which is especially important for the pediatric population [33, 34].

Special attention should be paid to the use of metabolic navigation as an additional method to simplify orientation at the intraoperative stage.

5-aminolevulinic acid (5-ALA) is widely used in surgery of high-grade gliomas [35]. However, the role of 5-ALA in surgery of low-grade gliomas is still under debate [36]. According to data from M. Jaber et al. who presented results of the largest case series ($n = 82$), visible fluorescence was observed in only 13 (16 %) cases [37]. Similar results were demonstrated in other studies [38, 39]. However, in a case series by S.A. Goryaynov et al., visible fluorescence was observed in 52 % of cases. The authors explain these results by higher 5-ALA dose (25 mg/kg body weight) and histological characteristics of the tumors in the sample. The researchers assumed that the presence of visible intraoperative fluorescence is associated with the presence of malignant lesions in low-grade gliomas [40]. Therefore, the role of 5-ALA in optimization of surgical treatment of low-grade gliomas is ambiguous and requires further analysis.

Below we describe treatment algorithm for children with tumors of individual FCAs based on 2 clinical cases: 16-year-old patient with ganglioglioma of the speech area and 9-year-old patient with ganglioglioma of the basal parts.

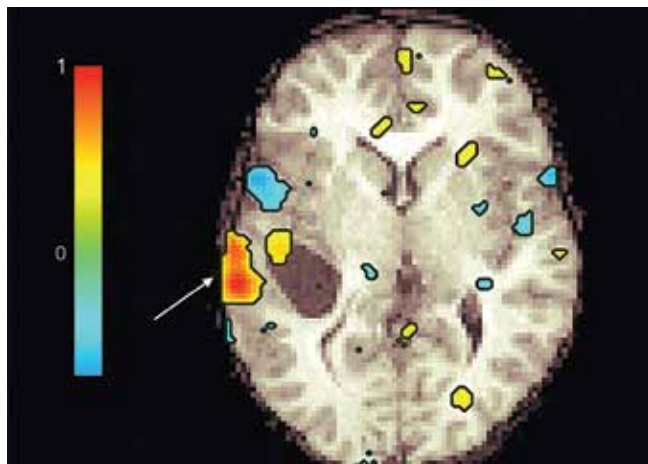


Fig. 1. Preoperative state functional magnetic resonance imaging of the lingual network demonstrates the proximity of the tumor to the speech zone (arrow)

CLINICAL CASE 1

Patient, 16 years old, right-handed, was admitted to the clinic of the V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia, complaining of a single seizure with speech impairment in the postictal period, headache, easy fatigability. Magnetic resonance imaging (MRI) showed a cystic tumor of the posterior parts of the temporal lobe. fMRI at rest reflecting activation of the lingual network (Fig. 1) showed close proximity of the tumor to the sensory speech zone, tractography – to the arcuate fasciculus.

Neuropsychological exam showed slight impairment of sound analysis and synthesis, phonemic awareness, moderately decreased volume of short-term auditory and verbal memory, slight abnormalities in nominative speech function.

The essence of the surgery was explained to the patient and his parents. The talk was focused on the fact that the child will have to actively participate in the most important stage. In the patient's room, position of the child on the operating table and limits of his visual contact with the environment were modeled. During visits with a neuropsychologist, the patients carefully studied the tasks of intraoperative testing. Additionally, prior to surgery the patient met all members of the surgery and anesthesiology teams.

Tumor resection was performed with intraoperative awakening. As a language task, we used the naming and sentence completion tests [41]. At the start of stimulation, 1mA current was used; if language test was performed without mistakes, current was uncreased by 1 mA. During Penfield cortical stimulation with 4 mA current at point "44" (Fig. 2), sentence completion test was failed. Stimulation was performed 3 times during reading of the task. During tumor resection, dynamic subcortical stimulation per the Taniguchi's method with 300 Hz frequency and starting current 10 mA was performed. In close proximity to the arcuate fasciculus – 4 mm per neuronavigation data which corresponded to the resection margin (Fig. 3) – at current 6 mA, the patient displayed paraphasia during the sentence completion and naming tests. For lower currents, no mistakes during testing were observed.

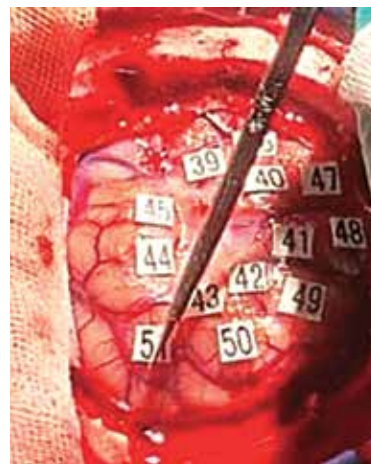


Fig. 2. Intraoperative photo of cortical stimulation. The position of the speech cortex corresponds to the mark "44" (there was a failure to complete the language task). At other points, there are no violations during the performance of the language task

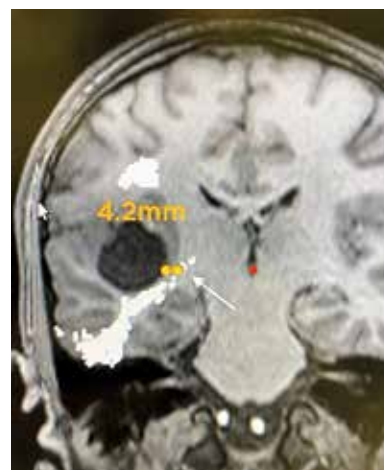


Fig. 3. On the screen of the neuronavigation station, the arrow indicates the distance between the resection border and the fibers of the arcuate fascicle according to the data of the navigation station. The marked point corresponds to the zone of occurrence of paraphasia during subcortical stimulation with a current of 6 mA

In the early postoperative period, elements of afferent motor aphasia were observed which regressed on day 4. Control contrast-enhanced MRI confirmed total tumor resection (Fig. 4). Histological examination showed that the tumor was a grade 1 ganglioglioma.

Per contrast-enhanced MRI of the brain 6 months after the surgery, no signs of tumor tissue were found. Neurological exam did not show any neuropsychological abnormalities.

CLINICAL CASE 2

Patient, 9 years, was admitted to the clinic complaining of headache, weakness in the right arm. Neurological exam showed paresis of the distal musculature of the right hand up to 4 points. MRI showed a tumor of the basal parts of the left hemisphere. Magnetic resonance tractography showed that the tumor was attached to the left corticospinal tract (Fig. 5).

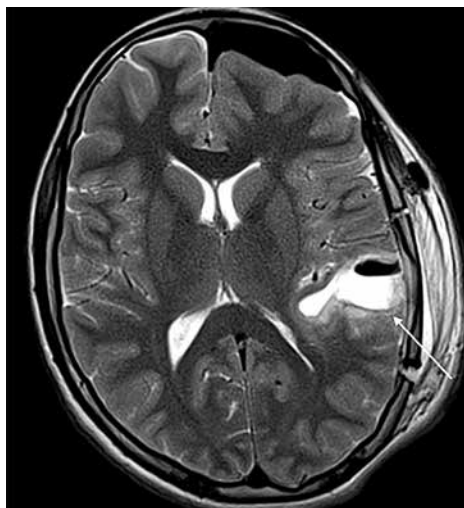


Fig. 4. Postoperative magnetic resonance imaging T2 mode (axial plane): in the left temporal lobe there is a resection cavity surrounded by a zone of edema (indicated by an arrow). Complete resection of the tumor is confirmed

The control of size sufficiency and location of craniotomy was performed using a neuronavigation station with integrated microscope (Fig. 6, 7).

During tumor resection using dynamic stimulation per the Taniguchi's method with 8 mA current, the left corticospinal tract was identified. Further from the tumor and closer to the motor fibers, response was achieved at 3 mA current which corresponded to a distance of 4 mm per neuronavigation data (Fig. 8). Individual parts of the tumor showed visible 5-ALA-induced fluorescence (Fig. 9). After visually total resection of the tumor, registration of motor responses was observed at current 3 mA.

Histological examination showed that the tumor was a grade 1 pilocytic astrocytoma.

Postoperative T2-weighted MRI and magnetic resonance tractography (Fig. 10) confirmed total tumor resection with preservation of the left corticospinal tract.

In the early postoperative period, increased paresis of the distal musculature of the right hand to 2 points was observed with paresis in the proximal musculature up to 3 points. Despite therapy, no significant dynamics were observed in the early postoperative period. However, after rehabilitation treatment positive dynamics in the form of partial regression of paresis of the distal musculature of the right hand to 3 points, paresis in the proximal musculature to 4 points were observed.

DISCUSSION

One of the main aspects of successful use of AC in children is careful psychological preparation of the patients and their relatives (parents) to form positive attitude towards the procedure which was demonstrated by us in clinical observation 1. Special attention should be paid to modeling of the operating room, which will allow to overcome the fear of closed space and head fixation. This careful preparation allows to make AC safe in children of even younger age [16].

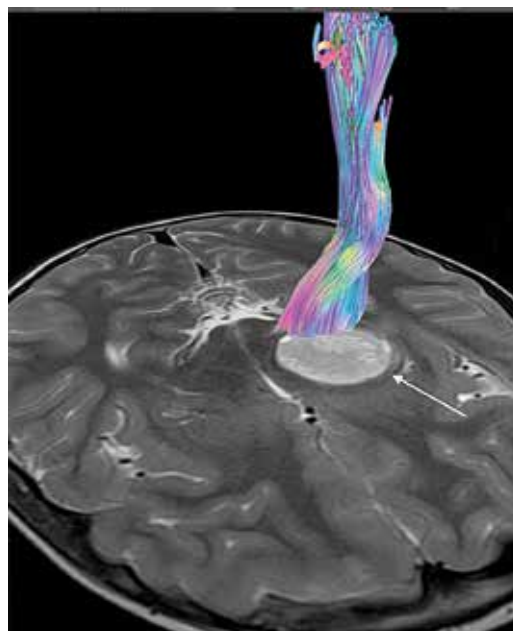


Fig. 5. Preoperative magnetic resonance imaging in T2 mode (axial section): tumor of the basal ganglia (posterior leg of the internal capsule, globus pallidus), thalamus of the left hemisphere and lateral parts of the left brain stem (indicated by an arrow) is adjacent to the left corticospinal tract

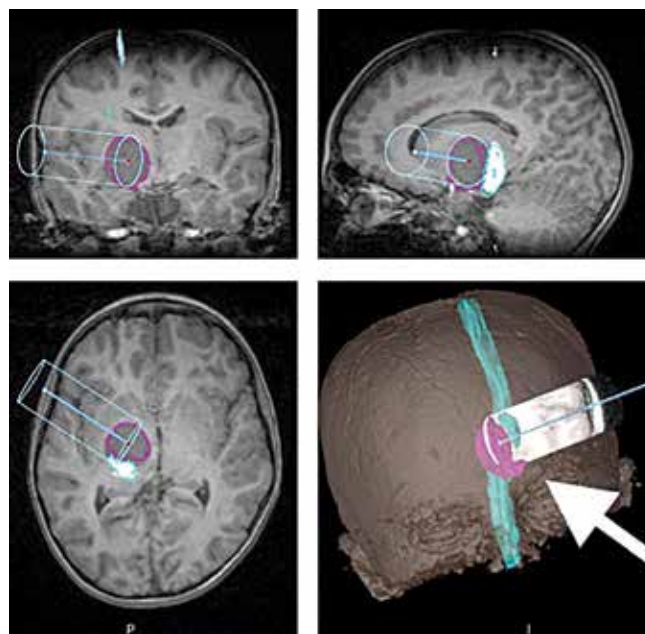


Fig. 6. The screen of the neuronavigation station reflects the stage of access planning (shown by an arrow), taking into account the location of the tumor (marked with a crimson outline) and the left corticospinal tract (turquoise outline)

During cortical stimulation in clinical observation 1, we successfully used 4 mA current which corresponds to data of large case series.

In clinical observation 2, during subcortical stimulation total tumor removal was achieved with motor responses at 3 mA current. However, this led to neurologic deficit (which

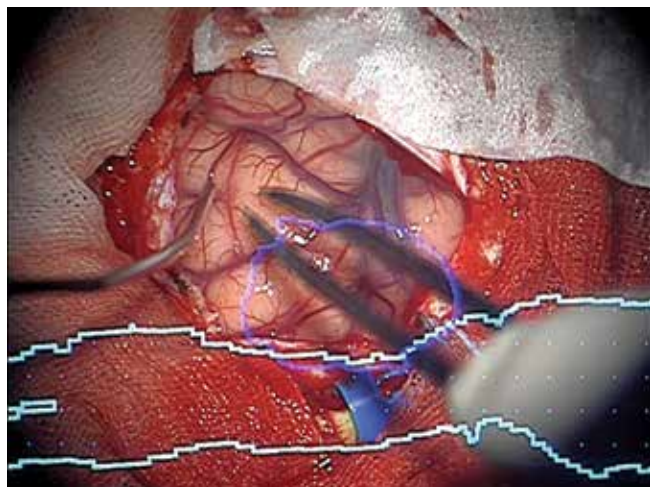


Fig. 7. In the microscope (during the operation), the border of the tumor projection onto the cortex is marked with a crimson outline, the projection of the left corticospinal tract is marked with turquoise

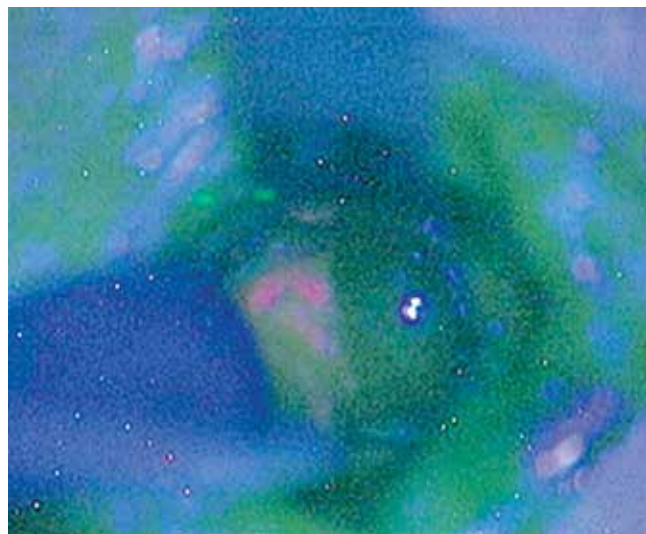


Fig. 9. Intraoperative photo. Fluorescent glow of individual tumor areas induced by 5-ALA

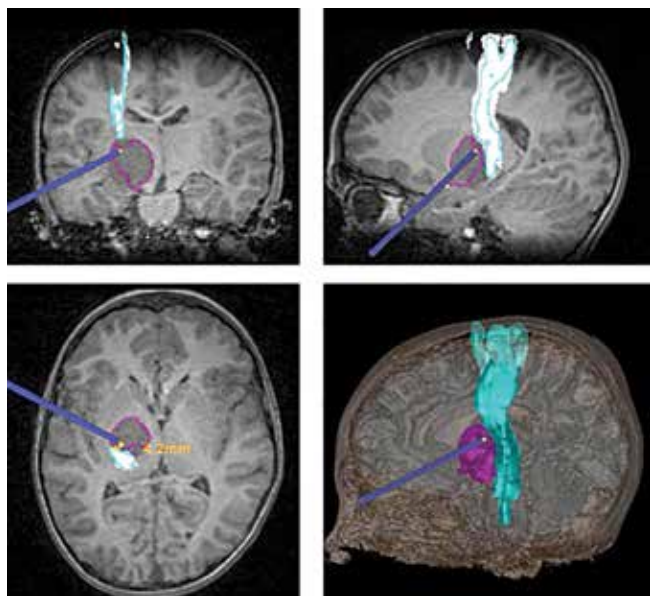


Fig. 8. After identification of the left corticospinal tract during dynamic monopolar stimulation (3 mA), using the pointer of the neuronavigation station, the distance from the resection edge to the corticospinal tract was determined to 4.2 mm

partially regressed during rehabilitation) which can indirectly confirm an opinion that resection is unsafe with motor responses at current 1–2 mA [19, 20].

The results of simultaneous use of neuronavigation and tractography demonstrated in clinical observation 1 were compared to the subcortical stimulation data. In our experience, the data on the distance to the arcuate fasciculus differed by 1 mm. Such accuracy of neuronavigation and tractography significantly differs from mean difference evaluated in large case series [26, 27]. However, simultaneous use of tractography and neuronavigation data can be useful in the absence of subcortical stimulation.

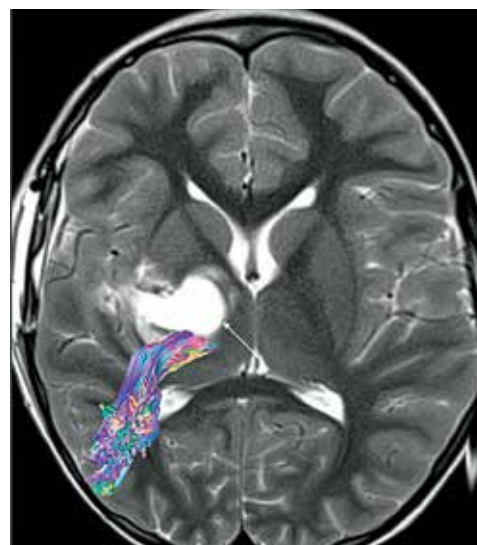


Fig. 10. Postoperative magnetic resonance imaging in T2 mode (axial plane) shows a resection cavity $45 \times 20 \times 23$ in size, surrounded by a zone of edema (indicated by an arrow)

In our experience, fMRI at rest allowed to locate the sensitive speech zone at the stage of preoperative planning which was confirmed by cortical stimulation.

The use of metabolic navigation with 5-ALA in clinical observation 2 did not affect the resection volume. Individual parts of the tumor visualized with this method were identified during microscopy in visible light spectrum.

CONCLUSION

Currently, estimation of the incidence of FCA tumors in children is difficult. But the importance of the issue, as well as the difficulties the surgeon faces in every individual case due to the absence of a universal algorithm for treatment of FCA tumors, are undisputable.

Our experience and literature data allow to conclude that successful treatment of FCA tumors requires changes in the traditional neurooncological paradigm. Thus, solely visual intraoperative evaluation of surgical intervention

should be complemented by pre- and intraoperative evaluations based on the results of the above-described methods to achieve the optimal balance between oncological utility and functional outcome.

REFERENCES

1. Hervey-Jumper S.L., Berger M.S. Introduction: surgical management of eloquent area tumors. *Neurosurgery* 2020;87(6):1076–7. DOI: 10.1093/neuros/nyaa358
2. Bandopadhyay P., Bergthold G., London W.B. et al. Long-term outcome of 4,040 children diagnosed with pediatric low-grade gliomas: an analysis of the Surveillance Epidemiology and End Results (SEER) database. *Pediatr Blood Cancer* 2014;61(7):1173–9. DOI: 10.1002/pbc.24958
3. Diwanji T.P., Engelman A., Snider J.W., Mohindra P. Epidemiology, diagnosis, and optimal management of glioma in adolescents and young adults. *Adolesc Health Med Ther* 2017;8:99–113. DOI: 10.2147/AHMT.S53391
4. Van den Bent M.J., Snijders T.J., Bromberg J.E. Current treatment of low grade gliomas. *Memo* 2012;5(3):223–7. DOI: 10.1007/s12254-012-0014-3
5. Delion M., Terminassian A., Lehouste T. et al. Specificities of awake craniotomy and brain mapping in children for resection of supratentorial tumors in the language area. *World Neurosurg* 2015;84(6):1645–52. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.06.073
6. Balogun J.A., Khan O.H., Taylor M. et al. Pediatric awake craniotomy and intra-operative stimulation mapping. *J Clin Neurosci* 2014;21(11):1891–4. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.07.013
7. Kumirova E.V. New approaches in the diagnosis of tumors of the central nervous system in children. *Rossiiskij zhurnal detskoj onkologii i gematologii = Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology* 2017;4:37–45. (In Russ.). DOI: 10.17650/2311-1267-2017-4-1-37-45
8. Blionas A., Giakoumettis D., Klonou A. et al. Paediatric gliomas: diagnosis, molecular biology and management. *Ann Transl Med* 2018;6(12):251. DOI: 10.21037/atm.2018.05.11
9. Aghi M.K., Nahed B.V., Sloan A.E. et al. The role of surgery in the management of patients with diffuse low grade glioma: a systematic review and evidence-based clinical practice guideline. *J Neurooncol* 2015;125(3):503–30. DOI: 10.1007/s11060-015-1867-1
10. De Benedictis A., Moritz-Gasser S., Duffau H. Awake mappin optimizes the extent of resection for low-grade gliomas in eloquent areas. *Neurosurgery* 2010;66(6):1074–84; discussion 1084. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369514.74284.78
11. Bello L., Gallucci M., Fava M. et al. Intraoperative subcortical language tract mapping guides surgical removal of gliomas involving speech areas. *Neurosurgery* 2007;60(1):67–80; discussion 80–2. DOI: 10.1227/01.NEU.0000249206.58601.DE
12. De Witt Hamer P.C., Robles S.G., Zwinderman A.H. et al. Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis. *J Clin Oncol* 2012;30(20):2559–65. DOI: 10.1200/jco.2011.38.4818
13. Brown T., Shah A.H., Bregy A. et al. Awake craniotomy for brain tumor resection: the rule rather than the exception? *J Neurosurg Anesthesiol* 2013;25(3):240–7. DOI: 10.1097/ANA.0b013e318290c2300
14. Akay A., Rükşen M., Çetin H.Y. et al. Pediatric awake craniotomy for brain lesions. *Pediatr Neurosurg* 2016;51(2):103–8. DOI: 10.1159/000442988
15. Ojemann S.G., Berger M.S., Lettich E., Ojemann G.A. Localization of language function in children: results of electrical stimulation mapping. *J Neurosurg* 2003;98(3):465–70. DOI: 10.3171/jns.2003.98.3.0465
16. Riquin E., Martin P., Duverger P. et al. A case of awake craniotomy surgery in an 8-year-old girl. *Childs Nerv Syst* 2017;33(7):1039–42. DOI: 10.1007/s00381-017-3463-5
17. Lohkamp L.N., Beuriat P.A., Desmurget M. et al. Awake brain surgery in children – a single-center experience. *Childs Nerv Syst* 2020;36(5):967–74. DOI: 10.1007/s00381-020-04522-9
18. Roth J., Korn A., Sala F. et al. Intraoperative neurophysiology in pediatric supratentorial surgery: experience with 57 cases. *Childs Nerv Syst* 2020;36(2):315–24. DOI: 10.1007/s00381-019-04356-0
19. Seidel K., Beck J., Stieglitz L. et al. The warning-sign hierarchy between quantitative subcortical motor mapping and continuous motor evoked potential monitoring during resection of supratentorial brain tumors. *J Neurosurg* 2013;118(2):287–96. DOI: 10.3171/2012.10.jns12895
20. Seidel K., Schucht P., Beck J., Raabe A. Continuous dynamic mapping to identify the corticospinal tract in motor eloquent brain tumors: an update. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2020;81(2):105–10. DOI: 10.1055/s-0039-1698384
21. Raabe A., Beck J., Schucht P., Seidel K. Continuous dynamic mapping of the corticospinal tract during surgery of motor eloquent brain tumors: evaluation of a new method. *J Neurosurg* 2014;120(5):1015–24. DOI: 10.3171/2014.1.JNS13909
22. Keles G.E., Lundin D.A., Lamborn K.R. et al. Intraoperative subcortical stimulation mapping for hemispherical periorlandic gliomas located within or adjacent to the descending motor pathways: evaluation of morbidity and assessment of functional outcome in 294 patients. *J Neurosurg* 2004;100(3):369–75. DOI: 10.3171/jns.2004.100.3.0369
23. Choi B.D., Mehta A.I., Batich K.A. et al. The use of motor mapping to aid resection of eloquent gliomas. *Neurosurg Clin N Am* 2012;23(2):215–25, vii. DOI: 10.1016/j.nec.2012.01.013
24. Bello L., Gambini A., Castellano A. et al. Motor and language DTI Fiber Tracking combined with intraoperative subcortical mapping for surgical removal of gliomas. *Neuroimage* 2008;39(1):369–82. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.08.031
25. Berman J.I., Berger M.S., Chung S.W. et al. Accuracy of diffusion tensor magnetic resonance imaging tractography assessed using intraoperative subcortical stimulation mapping and magnetic source imaging. *J Neurosurg* 2007;107(3):488–94. DOI: 10.3171/JNS-07/09/0488
26. Kamada K., Todo T., Ota T. et al. The motor-evoked potential threshold evaluated by tractography and electrical stimulation. *J Neurosurg* 2009;111(4):785–95. DOI: 10.3171/2008.9.JNS08414
27. Ohue S., Kohno S., Inoue A. et al. Accuracy of diffusion tensor magnetic resonance imaging-based tractography for surgery of gliomas near the pyramidal tract: a significant correlation between subcortical electrical stimulation and postoperative tractography. *Neurosurgery* 2012;70(2):283–93; discussion 294. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31823020e6
28. Wu J.-S., Zhou L.-F., Tang W.-J. et al. Clinical evaluation and follow-up outcome of diffusion tensor imaging-based functional neuronavigation: a prospective, controlled study in patients with gliomas involving pyramidal tract. *Neurosurgery*

- 2007;61(5):935–48; discussion 948–9.
DOI: 10.1227/01.neu.0000303189.80049.ab
29. Romano A., D'Andrea G., Minniti G. et al. Pre-surgical planning and MR-tractography utility in brain tumour resection. *Eur Radiol* 2009;19(12):2798–808. DOI: 10.1007/s00330-009-1483-6
 30. Alexander A.L., Lee J.E., Lazar M., Field A.S. Diffusion tensor imaging of the brain. *Neurotherapeutics* 2007;4(3):316–29. DOI: 10.1016/j.nurt.2007.05.011
 31. Liang C., Li M., Gong J. et al. A new application of ultrasound-magnetic resonance multimodal fusion virtual navigation in glioma surgery. *Ann Transl Med* 2019;7(23):736. DOI: 10.21037/atm.2019.11.113
 32. Rutten G.J., Ramsey N.F. The role of functional magnetic resonance imaging in brain surgery. *Neurosurg Focus* 2010;28(2):E4. DOI: 10.3171/2009.12.FOCUS09251
 33. Lee M.H., Miller-Thomas M.M., Benzinger T.L. et al. Clinical resting-state fMRI in the preoperative setting: are we ready for prime time? *Top Magn Reson Imaging* 2016;25(1):11–8. DOI: 10.1097/RMR.0000000000000075
 34. Bukkieva T.A., Pospelova M.L., Efimtsev A.Yu. et al. Functional MRI in the assessment of changes in the brain connectome in patients with post-mastectomy syndrome. *Luchevaya diagnostika i terapiya = Diagnostic Radiology and Radiotherapy* 2021;12(4): 41–9. (In Russ.). DOI: 10.22328/2079-5343-2021-12-4-41-49
 35. Stummer W., Molina E.S. Fluorescence imaging/agents in tumor resection. *Neurosurg Clin N* 2017;28:569–83. DOI: 10.1016/j.nec.2017.05.009
 36. McGirt M.J., Chaichana K.L., Attenello F.J. et al. Extend of surgical resection is independently associated with survival in patients with hemispheric infiltrating low-grade gliomas. *Neurosurgery* 2008;63(4):700–8. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325729.41085.73
 37. Jaber M., Wölfer J., Ewelt C. et al. The value of 5-aminolevulinic acid in low-grade gliomas and high-grade gliomas lacking glioblastoma imaging features: an analysis based on fluorescence, magnetic resonance imaging, 18F-fluoroethyl tyrosine positron emission tomography, and tumor molecular factor. *Neurosurgery* 2016;78(3):401–11; discussion 411. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001020
 38. Widhalm G., Wolfsberger S., Minchev G. et al. 5-Aminolevulinic acid is a promising marker for detection of anaplastic foci in diffusely infiltrating gliomas with nonsignificant contrast enhancement. *Cancer* 2010;116(6):1545–52. DOI: 10.1002/cncr.24903
 39. Ewelt C., Floeth F.W., Felsberg J. et al. Finding the anaplastic focus in diffuse gliomas: the value of Gd-DTPA enhanced MRI, FET-PET, and intraoperative, ALA-derived tissue fluorescence. *Clin Neurol Neurosurg* 2011;113(7):541–7. DOI: 10.1016/j.clineuro.2011.03.008
 40. Goryaynov S.A., Widhalm G., Goldberg M.F. et al. The role of 5-ALA in low-grade gliomas and the influence of antiepileptic drugs on intraoperative fluorescence. *Front Oncol* 2019;9:423. DOI: 10.3389/fonc.2019.00423
 41. Dragoy O., Chrabaszcz A., Tolkacheva V., Buklina S. Russian intraoperative naming test: a standardized tool to map noun and verb production during awake neurosurgeries. *The Russian Journal of Cognitive Science* 2016;3(4):4–25. DOI: 10.47010/16.4.1

Authors' contributions

D.V. Nizolin: development of the concept and design of the study, data collection and interpretation, writing and editing of the article;
A.V. Kim, K.A. Samochernykh: development of the concept and design of the study, editing of the article;
Yu.A. Zueva, O.O. Shmeleva: data collection and interpretation;
N.E. Maslov, A.Yu. Efimtsev, E.T. Nazaralieva: data collection and interpretation, article writing.

ORCID of authors

D.V. Nizolin: <https://orcid.org/0000-0001-8719-0342>
A.V. Kim: <https://orcid.org/0000-0002-6219-7270>
K.A. Samochernykh: <https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The work was carried out within the framework of the implementation of the state task No. 121031100289-2 “Development of new technologies for neurorehabilitation of patients after surgical treatment of tumors of the central nervous system”.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The parents of the patients signed an informed consent to publication of their data.