



АССОЦИАЦИЯ  
НЕЙРОХИРУРГОВ  
РОССИИ

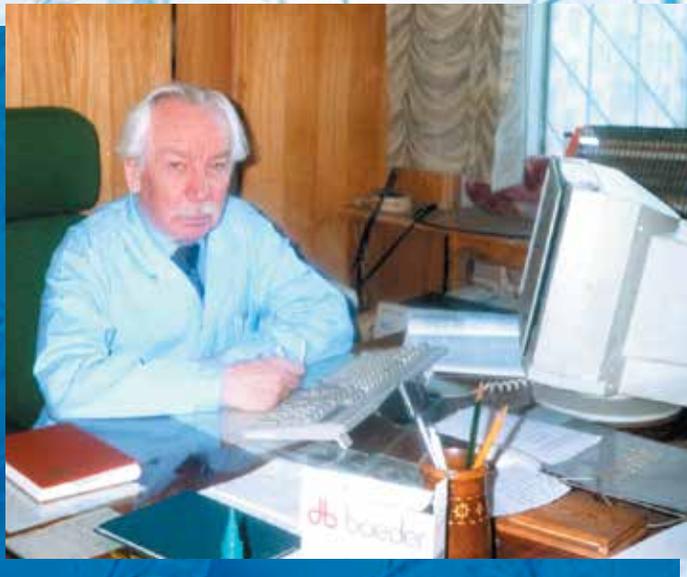
ISSN 2587-7569 (Online)

ISSN 1683-3295 (Print)

# НЕЙРОХИРУРГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

НЕЙРОХИРУРГИЯ 2024 • Том 26 • № 1



## RUSSIAN JOURNAL OF NEUROSURGERY

Каверномы  
кавернозного синуса

Результаты лечения больных  
в отдаленном периоде  
после формирования  
экстра-интракраниального  
микрохирургического  
анастомоза при симптомной  
окклюзии внутренней сонной  
артерии

Индивидуальная  
вариабельность  
дентаторуброталамического  
тракта при планировании  
стереотаксических  
вмешательств у пациентов  
с тремором

COVID-19-ассоциированный  
остеомиелит лобной кости

# 1

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

**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](http://www.abvpress.ru)

**Статьи направлять по адресу:**

129010, Москва, Большая  
Сухаревская 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.**

ISSN 2587-7569 (Online)  
ISSN 1683-3295 (Print)  
Нейрохирургия. 2024. Том 26.  
№ 1. 1–182.

© 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>

1  
ТОМ 26  
'24

## 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)

Древаль 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)

Черebilло 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)

## THE JOURNAL OF THE RUSSIAN ASSOCIATION OF NEUROLOGICAL SURGEONS

“Russian Journal of Neurosurgery” is put on the Higher Attestation Commission (HAC) list of leading peer-reviewed scientific periodicals recommended to publish the basic research results of candidate’s and doctor’s theses.

The journal is included in the Scientific Electronic Library and the Russian Science Citation Index (RSCI) and has an impact factor; it is registered in the Scopus database, it is registered in the Web of Science Core Collection, Emerging Sources Citation Index (ESCI), CrossRef, its papers are indexed with the digital object identifier (DOI).



# Russian Journal of NEUROSURGERY

QUARTERLY PEER-REVIEWED SCIENTIFIC-AND-PRACTICAL JOURNAL

*The aims of the journal are to inform specialists on developments in neurosurgery and to promote higher treatment effectiveness in patients with disorders of the spinal cord and the brain.*

*The main objectives of the journal are coverage of new techniques in neurosurgery, neurology, radiation and functional diagnostics; advancement of the level of professionalism of neurosurgeons; provision of a publication for the authors to present their results. Additionally, the journal announces Russian and international scientific and practical conferences on neurosurgery, neurocritical care, master classes and other educational events, as well as new guidelines and monographs.*

*The journal publishes results of experimental and clinical studies, literature reviews, clinical guidelines, clinical cases, announcements of future conferences and educational cycles, as well as historical essays on neurosurgery and prominent representatives of the profession.*

FOUNDED IN 1998

1 VOL. 26  
'24

### Founder:

V.V. Krylov

### Editorial Office:

Research Institute of Carcinogenesis,  
Floor 3, Build. 15, 24 Kashirskoye  
Shosse, Moscow, 115478.  
Tel./Fax: +7 (499) 929-96-19  
e-mail: [abv@abvpress.ru](mailto:abv@abvpress.ru)  
[www.abvpress.ru](http://www.abvpress.ru)

### Articles should be sent

N.V. Sklifosovsky Research Institute for  
Emergency Medicine, Moscow Healthcare  
Department; Build 21, 3 Bol'shaya  
Sukharevskaya Sq., Moscow 129010,

Russia (+7 (495) 680-95-73,  
+7 (926) 187-48-75) or through your  
personal account on the website  
<https://www.therjn.com>

*Editor E.M. Pecherskaya  
Proofreader E.S. Samoylova  
Designer E.V. Stepanova  
Maker-up O.V. Goncharuk*

*Subscription & Distribution Service  
I.V. Shurgaeva, +7 (499) 929-96-19,  
[base@abvpress.ru](mailto:base@abvpress.ru)*

*Project Manager  
N.A. Kovaleva +7 (499) 929-96-19,  
[n.kovaleva@abvpress.ru](mailto:n.kovaleva@abvpress.ru)*

*The journal was registered  
at the Federal Service for Surveillance  
of Communications, Information  
Technologies, and Mass  
Media (ПН No. 77-7205  
dated 31 January 2001)*

**If materials are reprinted in whole  
or in part, reference must necessarily  
be made to the “Neyrokhirurgiya”.**

**The editorial board is not responsible  
for advertising content.**

**The authors' point of view given  
in the articles may not coincide  
with the opinion of the editorial board.**

ISSN 2587-7569 (Online)

ISSN 1683-3295 (Print)

Neyrokhirurgiya.  
2024. Vol. 26. No. 1. 1–182.

© Design, layout PH “ABV-Press”,  
2024

Pressa Rossii catalogue index: 39895.

Printed at the Mediacolor LLC.  
19, Signalnyy Proezd, Moscow,  
127273.

2,000 copies. Free distribution.

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

### EDITOR-IN-CHIEF

**Krylov, Vladimir V.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

### DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

**Grin, Andrey A.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

**Evzikov, Grigoriy Yu.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

### EXECUTIVE SECRETARY

**Kordonskiy, Anton Yu.**, *MD, PhD (Moscow, Russia)*

### EDITORIAL BOARD

**Gizatullin, Shamil Kh.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Grigoryev, Andrey Yu.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Gushcha, Artem O.**, *Professor of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Dashyan, Vladimir G.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Dmitriev, Aleksandr Yu.**, *MD, PhD (Moscow, Russia)*

**Dreval, Oleg N.**, *MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*

**Kondakov, Evgeniy N.**, *MD, DMSc, Professor (Saint Petersburg, Russia)*

**Konovalov, Nikolay A.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*

**Kravets, Leonid Ya.**, *MD, DMSc, Professor (Nizhny Novgorod, Russia)*

**Lazarev, Valery A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Levchenko, Oleg V.**, *Professor of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Likhterman, Leonid B.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

**Lukyanchikov, Viktor A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Petrikov, Sergey S.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Polunina, Natalya A.**, *MD, PhD (Moscow, Russia)*

**Senko, Ilya V.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Solodov, Aleksandr A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Talypov, Aleksandr E.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

**Tissen, Teodor P.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

**Usachev, Dmitry Yu.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*

**Eliava, Shalva Sh.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*

### EDITORIAL COUNCIL

**Balyazin, Viktor A.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Rostov-on-Don, Russia)*

**Gulyaev, Dmitry A.**, *MD, DMSc (Saint Petersburg, Russia)*

**Konovalov, Aleksandr N.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

**Krivoshapkin, Alexey L.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Novosibirsk, Russia)*

**Manukovskiy, Vadim A.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*

**Muzlaev, Gerasim G.**, *MD, DMSc, Professor (Krasnodar, Russia)*

**Parfenov, Valeriy E.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*

**Rzaev, Dzhamil A.**, *MD, DMSc (Novosibirsk, Russia)*

**Savello, Aleksandr V.**, *MD, DMSc (Saint Petersburg, Russia)*

**Svistov, Dmitry V.**, *MD, PhD, Associate Professor (Saint Petersburg, Russia)*

**Cherebillo, Vladislav Yu.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*

**Shulev, Yuriy A.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*

**Akshulakov, Serik K.**, *MD, DMSc, Professor (Astana, Republic of Kazakhstan)*

**Fanarjyan, Ruben V.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Professor of Armenian Branch of Russian Academy of Natural Science (Yerevan, Republic of Armenia)*

**Hu, Shaoshan**, *MD, PhD, Professor (China)*

**Rasulic, Lukas**, *MD, PhD, Professor (Serbia)*

**Servadei, Franco**, *MD, PhD, Professor (Italy)*

**Slavin, Konstantin**, *MD, DMSc, Professor (USA)*

**Spallone, Aldo**, *MD, DMSc, Professor (Italy)*

**Tu, Yong-Kwang**, *MD, PhD, Professor (Taiwan)*

**Zelman, Vladimir**, *MD, PhD, Professor (USA)*

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЮБИЛЕЙ

*А.Э. Талыпов***100 лет со дня рождения основоположника неотложной нейрохирургии  
Вячеслава Васильевича Лебедева . . . . .15***Л.Б. Лихтерман***Воспоминания о Вячеславе Васильевиче Лебедеве (1923–2008). К 100-летию со дня рождения . . . . .21**

## ОРИГИНАЛЬНАЯ РАБОТА

*А.Н. Шкарубо, И.В. Чернов, А.А. Веселков, М.А. Кутин, Д.В. Фомичев, О.И. Шарипов,  
Д.Н. Андреев, Д.С. Ким, А.Д. Донской, И.С. Клочкова, М.Е. Синельников, П.Л. Калинин***Каверномы кавернозного синуса . . . . .25***В.В. Бобинов, С.А. Горощенко, Е.Г. Коломин, Л.В. Рожченко, К.А. Самочерных, А.Е. Петров***Эндovasкулярное лечение пациентов с аневризмами офтальмического сегмента  
внутренней сонной артерии . . . . .34***Т.А. Кудряшова, В.А. Лукьянчиков, И.В. Сенько, Н.А. Полунина, В.А. Далибалдян,  
Г.К. Гусейнова, Р.Ш. Муслимов, В.В. Крылов, А.А. Гринь***Результаты лечения больных в отдаленном периоде после формирования экстрa-интракраниального  
микрохирургического анастомоза при симптомной окклюзии внутренней сонной артерии . . . . .41***А.И. Холявин, В.А. Песков, А.О. Бергер***Индивидуальная вариабельность дентаторуброталамического тракта при планировании  
стереотаксических вмешательств у пациентов с тремором . . . . .54***А.И. Хрипун, А.Д. Пряников, С.А. Асратян, М.В. Белков, А.Б. Миронков, В.С. Сурыхин,  
П.С. Есипов, А.Л. Красников, А.А. Чуркин***Венозные тромбозмболические осложнения у пациентов с изолированной среднетяжелой  
и тяжелой черепно-мозговой травмой. . . . .65***А.Е. Быканов, Д.И. Пицхелаури, М.А. Кирюшин, О.А. Растворова, Т.Р. Загидуллин***Влияние положения хирурга и длительности выполнения операции на точность движений  
и уровень микрохирургического тремора . . . . .76**

## НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

*В.С. Дементьевский, Е.А. Лехнов, С.С. Балдина, Г.Н. Литвинчук, Д.А. Рзаев***Хирургическое лечение невралгии промежуточного нерва с использованием интраоперационного  
нейрофизиологического мониторинга . . . . .83***Г.Ю. Евзиков, Д.Ю. Неретин***COVID-19-ассоциированный остеомиелит лобной кости. Клиническое наблюдение  
и обзор литературы . . . . .92***Н.А. Черникова, Л.А. Сатанин, Е.В. Шелеско, С.В. Шугай, М.А. Кутин,  
Н.И. Головин, А.В. Сахаров***Причины неудач хирургического лечения пациентов с врожденными базальными энцефалоцеле . . . . .99**

## ЛЕКЦИЯ

*С.Р. Ильялов, А.В. Голанов, С.М. Банов***Стереотаксическая радиохирургия вестибулярных шванном: эволюция философии лечения . . . . .110***П.Г. Шнякин, П.Г. Руденко, Н.Д. Гасимова***Значение вариантной анатомии в нейрохирургии. . . . .123**

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

- А.Ю. Дмитриев, М.В. Синкин, А.А. Скальная, А.А. Солодов, В.Г. Дашьян*  
**Хирургия в сознании в нейроонкологии. Часть 2. Функциональное интраоперационное картирование** .....130
- В.А. Антипов, А.А. Каландари*  
**Спонтанная назальная ликворея: обзор литературы** .....137

## ORIGINAL REPORT

- A.N. Shkarubo, I.V. Chernov, A.A. Veselkov, M.A. Kutin, D.V. Fomichev, O.I. Sharipov, D.N. Andreev, D.S. Kim, A.D. Donskoy, I.S. Klochkova, M.E. Sinelnikov, P.L. Kalinin*  
**Cavernomas of cavernous sinus** .....148
- T.A. Kudryashova, V.A. Lukyanchikov, I.V. Senko, N.A. Polunina, V.A. Dalibaldyan, G.K. Guseynova, R.Sh. Muslimov, V.V. Krylov, A.A. Grin*  
**Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery.** .....156
- A.I. Kholyavin, V.A. Peskov, A.O. Berger*  
**The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor** .....167

## CASE FROM PRACTICE

- G.Yu. Evzikov, D.Yu. Neretin*  
**COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review** .....176

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ..... 182

## CONTENTS

## JUBILEE

*A.E. Talypov***100<sup>th</sup> anniversary of the birth of the founder of emergency neurosurgery Vyacheslav Vasilievich Lebedev . . . . .15***L.B. Likhterman***Memories of Vyacheslav Vasilievich Lebedev (1923–2008). For the 100<sup>th</sup> anniversary of birth . . . . .21**

## ORIGINAL REPORT

*A.N. Shkarubo, I.V. Chernov, A.A. Veselkov, M.A. Kutin, D.V. Fomichev, O.I. Sharipov, D.N. Andreev, D.S. Kim, A.D. Donskoy, I.S. Klochkova, M.E. Sinelnikov, P.L. Kalinin***Cavernomas of cavernous sinus . . . . .25***V.V. Bobinov, S.A. Goroshchenko, E.G. Kolomin, L.V. Rozhchenko, K.A. Samochernykh, A.E. Petrov***Ophthalmic segment internal carotid artery aneurysms endovascular treatment . . . . .34***T.A. Kudryashova, V.A. Lukyanchikov, I.V. Senko, N.A. Polunina, V.A. Dalibaldyan, G.K. Guseynova, R.Sh. Muslimov, V.V. Krylov, A.A. Grin***Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery. . . . .41***A.I. Kholyavin, V.A. Peskov, A.O. Berger***The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor. . . . .54***A.I. Khripun, A.D. Pryamikov, S.A. Asratyan, M.V. Belkov, A.B. Mironkov, V.S. Suryakhin, P.S. Esipov, A.L. Krasnikov, A.A. Churkin***Venous thromboembolism in patients with isolated moderate to severe traumatic brain injury. . . . .65***A.E. Bykanov, D.I. Pitskhelauri, M.A. Kirushin, O.A. Rastvorova, T.R. Zagidullin***The effect of surgeon's pose and duration of operation on movement accuracy and level of microsurgical hand tremor . . . . .76**

## CASE FROM PRACTICE

*V.S. Dementievskiy, E.A. Lekhnov, S.S. Baldina, G.N. Litvinchuk, D.A. Rzaev***Surgical treatment of intermediate nerve neuralgia using intraoperative neurophysiological monitoring. . . . .83***G.Yu. Evzikov, D.Yu. Neretin***COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review . . . . .92***N.A. Chernikova, L.A. Satanin, E.V. Shelesko, S.V. Shugai, M.A. Kutin, N.I. Golovin, A.V. Sakharov***Reasons for failure of surgical treatment of patients with congenital basal encephaloceles . . . . .99**

## LECTURE

*S.R. Ilyalov, A.V. Golanov, S.M. Banov***Stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: evolution of the philosophy of treatment . . . . .110***P.G. Shnyakin, P.G. Rudenko, N.D. Gasimova***The role of variant anatomy in neurosurgery . . . . .123**

## LITERATURE REVIEW

*A.Yu. Dmitriev, M.V. Sinkin, A.A. Skalnaya, A.A. Solodov, V.G. Dashyan***Awake surgery in neurooncology. Part 2. Functional intraoperative mapping . . . . .130***V.A. Antipov, A.A. Kalandari***Spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea: literature review . . . . .137**

**ORIGINAL REPORT**

*A.N. Shkarubo, I.V. Chernov, A.A. Veselkov, M.A. Kutin, D.V. Fomichev, O.I. Sharipov, D.N. Andreev, D.S. Kim, A.D. Donskoy, I.S. Klochkova, M.E. Sinelnikov, P.L. Kalinin*

**Cavernomas of cavernous sinus .....148**

*T.A. Kudryashova, V.A. Lukyanchikov, I.V. Senko, N.A. Polunina, V.A. Dalibaldyan, G.K. Guseynova, R.Sh. Muslimov, V.V. Krylov, A.A. Grin*

**Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery .....156**

*A.I. Kholyavin, V.A. Peskov, A.O. Berger*

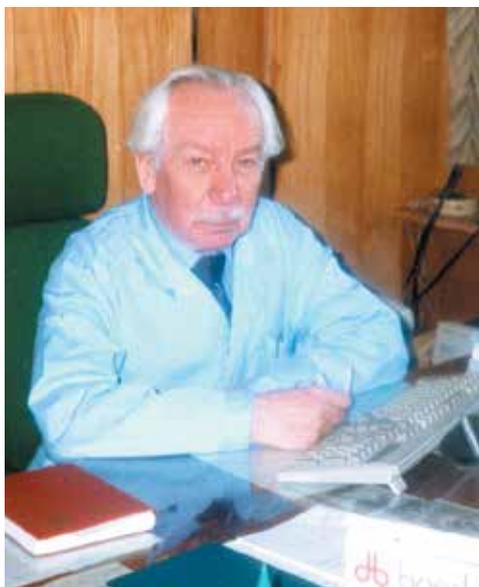
**The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor .....167**

**CASE FROM PRACTICE**

*G.Yu. Evzikov, D.Yu. Neretin*

**COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review .....176**

**INFORMATION FOR AUTHORS ..... 182**



## 100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОСНОВОПОЛОЖНИКА НЕОТЛОЖНОЙ НЕЙРОХИРУРГИИ ВЯЧЕСЛАВА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛЕБЕДЕВА

**100<sup>th</sup> anniversary of the birth of the founder of emergency neurosurgery Vyacheslav Vasilievich Lebedev**

В 2023 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося ученого, одного из основоположников нового направления в нейрохирургии – неотложной нейрохирургии – Вячеслава Васильевича Лебедева.

*Народ, умеющий чтить память своих великих предков, имеет право спокойно смотреть в будущее.  
Н.В. Склифосовский*

Вячеслав Васильевич родился в Москве 6 декабря 1923 г. в семье профессора-физика Василия Дмитриевича Лебедева. Отец привил сыну стремление к познанию, любовь к литературе, которые Вячеслав пронес через всю жизнь.

Планы на дальнейшую учебу прервала война – в 1942 г. Вячеслава Васильевича призвали в армию. Он гордился своей службой гвардии сержантом в полку гвардейских реактивных минометов, знаменитых «Катюш». Почти 3 года на фронте («Катюши» работали вблизи передовой) еще больше укрепили Вячеслава Васильевича в желании учиться. В 1945 г. он поступает на лечебный факультет 2-го Московского государственного медицинского института. В институте проявились стремление и желание заниматься наукой, умение организовать и возглавить работу: на старших курсах он был председателем студенческого научного общества. Определилась главная цель его жизни – стать ученым-хирургом.

Серьезной научной работой Вячеслав Васильевич начинает заниматься на кафедре общей хирургии, сначала в качестве клинического ординатора, ассистента и затем – доцента. Несмотря на то что кандидатская диссертация «Изменения белкового состава крови и ликвора у больных с острой черепно-мозговой травмой», которую он защитил благодаря своей целеустремленности, умению найти пути достижения цели, была посвящена нейрохирургии, в нее Вячеслав Васильевич пришел почти через 10 лет.

После работы на кафедре хирургии в 1958–1959 гг. он заведует отделением неотложной грудной хирургии

в Институте грудной хирургии Академии медицинских наук СССР, которым руководил академик А.Н. Бакулев. Это был период формирования В.В. Лебедева как ученого, исследователя. Его учителя – видные хирурги профессора Николай Николаевич Овчининский, Владимир Петрович Вознесенский, Алексей Андреевич Бусалов – поддержали его стремление заниматься самыми передовыми направлениями в науке. В институте хирургии Вячеслав Васильевич развивает совершенно новую в то время хирургию острого инфаркта миокарда – создание анастомоза между внутренней грудной артерией и склерозированной коронарной ветвью. Операция выполнялась на открытом работающем сердце и требовала значительного физического и эмоционального напряжения.

В год рождения Вячеслава Васильевича, в 1923 г., организован Институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, с которым будет связана значительная часть его жизни. Это место, где он осуществил свою главную задачу – создание нового направления в медицине – неотложной нейрохирургии. Институт с первых дней своего существования занимался проблемой неотложной медицины. Еще в 30-е годы перед известным травматологом профессором В.В. Гориневской Мозгорздравотделом была поставлена задача проведения анализа травматологической помощи в Москве. Пострадавших с черепно-мозговой травмой традиционно госпитализировали в травматологические отделения. Пострадавшие с травмой головы составляли более 1/3 всех госпитализированных в травматологические отделения. Из этого числа половину составляли случаи травмы черепа и мозга. Проведенное исследование выявило значительное количество нераспознанных черепно-мозговых травм, в том числе внутримозговых гематом. С учетом полученных данных в 1935 г. в составе

травматологического отделения был создан «мозговой сектор». Впервые для лечения пострадавших с черепно-мозговой травмой создавали мультидисциплинарные бригады врачей в составе травматолога, лор-врача (отоларинголога), невролога, офтальмолога, психиатра. В то время пострадавших с черепно-мозговой травмой оперировали известные хирурги, работавшие в институте: Сергей Сергеевич Юдин, Дмитрий Алексеевич Арапов, Борис Сергеевич Розанов. В операционных журналах 80-летней давности сохранились записи о трепанациях черепа, проведенных этими выдающимися хирургами. В это же время на базе травматологического института известным советским неврологом, заведующим кафедрой неврологии 4-го Московского медицинского института В.К. Хорошко было проведено одно из первых в СССР исследований, посвященных эпидемиологии, диагностике и лечению позвоночно-спинальной травмы.

В 1950-х годах для пострадавших с черепно-мозговой травмой были выделены специальные палаты в хирургическом отделении и кураторы — М.Г. Рамм и позже Н.Н. Новодережкин. Однако при черепно-мозговых травмах необходимы были специальные методы обследования и лечения, которых не было в хирургических отделениях.

Спустя почти 30 лет, в 1996 г., в своей актовой речи как руководитель отделения В.В. Лебедев отмечал, что к 1960-м годам в связи с ростом населения, строительством новых заводов, быстрой автомобилизацией значительно увеличилось число пострадавших с черепно-мозговой и спинальной травмой, возникло несоответствие между количеством больных и возможностью и качеством оказания медицинской помощи. Работавшее в Государственной клинической больнице им. С.П. Боткина отделение нейрохирургии оказывало главным образом плановую помощь и было явно недостаточным для столицы. Назрела необходимость организации в Москве отделения нейрохирургии, учитывающей особенности оказания экстренной помощи пациентам с черепно-мозговой и позвоночно-спинальной травмой. Решительный шаг сделал в 1960 г. главный хирург Института им. Н.В. Склифосовского академик Академии медицинских наук СССР Б.А. Петров, который предложил В.В. Лебедеву создать и возглавить в институте отделение неотложной нейрохирургии. Инициатива Б.А. Петрова была поддержана академиком Дмитрием Александровичем Араповым, директором института Михаилом Михайловичем Тарасовым, ученым советом института и Главным управлением здравоохранения Москвы. Помимо практических задач, создание отделения на базе научно-исследовательского института позволяло проводить разработку и решение научных задач.

В момент основания в отделении насчитывалось 45 коек, и согласно приказу Главного управления здравоохранения Москвы оно называлось нейротравмато-

логическим, что соответствовало основным задачам практического здравоохранения того времени. Отделение входило в состав травматологической клиники, штат отделения составляли всего 4 врача (включая заведующего). Академик Б.А. Петров сделал правильный выбор. Вячеслав Васильевич блестяще справился с поставленной задачей.

В практической работе на протяжении всей жизни В.В. Лебедев следовал рекомендациям великого русского хирурга и организатора Н.И. Пирогова: «...прежде всего, действовать административно, а потом уже врачебно...» (Н.И. Пирогов «Начала военно-полевой нейрохирургии». Т. 1. М.: Медгиз, 1941. С. 23). Применение этого принципа позволило быстро решить организационные вопросы: был расширен штат отделения с привлечением невролога и окулиста, приобретены нейрохирургические инструменты и другое оборудование.

С присущими Вячеславу Васильевичу широтой и напором он начал изучать особенности диагностики и лечения пострадавших с острой нейрохирургической патологией. С самого начала работы отделения В.В. Лебедевым был определен ряд научных проблем, решение которых отвечало интересам скорой помощи:

- 1) изучение особенностей клинической картины острого периода черепно-мозговой травмы, инсультов и спинальной травмы, т. е. тех патологических процессов, при наличии которых больные наиболее часто нуждаются в скорой помощи;
- 2) разработка оптимальных методов экстренной диагностики и объема оперативных вмешательств при острых заболеваниях и травме центральной нервной системы;
- 3) разработка методов ведения больных в послеоперационном периоде.

Именно эти положения легли в основу формирования нового направления — неотложной нейрохирургии.

Необходимо помнить, что в то время единственным инструментальным методом в диагностике неотложных состояний, в том числе черепно-мозговых травм, являлась рентгенография, что приводило к большому числу диагностических ошибок. Это побудило направить основные усилия на изучение клинической картины черепно-мозговой травмы.

Многое в нейрохирургии было разработано и впервые в СССР стало применяться под руководством Вячеслава Васильевича. В 1960 г. член-корреспондент АМН СССР Д.А. Арапов продемонстрировал в институте церебральную ангиограмму, которую в те годы только начали применять в Институте нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко. В.В. Лебедев сразу понял и оценил возможности и перспективы использования этого метода в диагностике острых нейрохирургических заболеваний и приложил все усилия для внедрения церебральной ангиографии в экстренную

диагностику черепно-мозговых травм и некоторых форм сосудистых заболеваний головного мозга в остром периоде.

Первые церебральные ангиографии в институте выполняли вручную. Врач пунктировал сонную артерию и под рентгеновским лучом вводил контрастный препарат. Уже первые пробы показали значительные возможности ангиографии в визуализации внутричерепных гематом. Стало возможным оценивать локализацию и приблизительный объем внутричерепной гематомы. Здесь опять проявились блестящие организаторские таланты Вячеслава Васильевича. Он сумел организовать разработку и производство на заводе «Квант» в Москве полуавтоматической ангиографической установки, позволявшей выполнять серию из 3 снимков в 2 проекциях. Таким образом, в Институте им. Н.В. Склифосовского впервые в СССР появилась возможность круглосуточно выполнять экстренную нейровизуализацию травм и заболеваний нервной системы. Установка успешно работала в течение 5 лет, пока в 1965 г. в институте не был установлен современный ангиограф Siemens. Затем в институте была создана самостоятельная служба — отделение ангиографии.

Опыт диагностики и лечения черепно-мозговых травм вылился в диссертационные работы соратника и ученика Вячеслава Васильевича Ю.В. Исакова «Острые травматические внутричерепные гематомы» и Ю.И. Королькова «Рентгенодиагностика внутричерепных гематом супратенториальной локализации в остром периоде черепно-мозговой травмы». Это были одни из первых работ в стране, посвященные этой важной проблеме.

Расширившиеся диагностические возможности позволили начать изучение еще одной важной проблемы — диагностики и лечения сосудистых заболеваний головного мозга.

Юрий Соломонович Иоффе одним из первых в Советском Союзе описал ангиографическую семиотику острых нарушений мозгового кровообращения, разработал и внедрил в клиническую практику методику экстренного контрастного исследования сосудов головного мозга при черепно-мозговой травме и острых нарушениях мозгового кровообращения. Им описана ангиографическая семиотика нарушений мозгового кровообращения и внутричерепных гематом. Это был настоящий прорыв, позволивший значительно ускорить диагностику черепно-мозговых травм и сосудистых заболеваний головного мозга и улучшить исходы лечения. Как итог этой работы, в 1964 г. Вячеслав Васильевич защищает докторскую диссертацию на тему «Хирургическое лечение острых расстройств мозгового кровообращения у больных гипертонической болезнью и атеросклерозом» — первое в стране серьезное исследование, посвященное этой теме. И в 1970 г. вышла монография В.В. Лебедева «Хирургия острых

мозговых инсультов», обобщившая многолетний опыт хирургии инсультов.

Вячеслав Васильевич был сторонником широкого внедрения современных диагностических и хирургических технологий в практическое здравоохранение. Уже весной 1962 г. по его инициативе в институте была проведена первая Московская городская конференция, посвященная применению новых методов диагностики и лечения черепно-мозговых травм.

В 1970-е годы концепция неотложной нейрохирургии окончательно сформировалась. Необходимо было научное и практическое обоснование новой теории. Вячеслав Васильевич обозначил основные научные направления. Лечение пострадавших с черепно-мозговой травмой всегда являлось основной научной и практической задачей отделения нейрохирургии. Вячеслав Васильевич смотрел на эту проблему широко. Работа велась по всем направлениям: клиника, патофизиология, диагностика, лечение. Вячеслав Васильевич еще во время становления отделения заложил традицию, которая впоследствии неукоснительно соблюдалась его преемниками: каждую научную тему завершать изданием монографии, которая аккумулировала в себе опыт работы отделения по данной проблеме.

Изучение клинической картины у пациентов с травматическими внутричерепными гематомами позволило впервые выделить, описать клиническое течение и предложить методы хирургического лечения пациентов с гематомами подострого и хронического характера развития. Эти исследования, начатые еще в 1960-е годы, нашли отражение в кандидатской диссертации Л.Д. Токаревой «Травматические внутричерепные гематомы подострого течения» (1973). И.И. Стрельниковым было проведено исследование особенностей клиники и лечения травматических внутримозговых гематом, завершившееся защитой в 1973 г. диссертации «Внутримозговые травматические гематомы супратенториальной локализации». В отделении одними из первых в СССР были начаты работы по проведению нейромониторинга, завершившиеся диссертационной работой Л.Г. Симонова «Динамические исследования внутримозгового давления и локального мозгового кровотока при некоторых поражениях головного мозга» (1978), кандидатской диссертационной работой О.Ю. Богданова «Реоэнцефалограмма у больных с острой черепно-мозговой травмой» (1973).

Клиническая диагностика черепно-мозговых травм представляла значительные трудности. Вячеслав Васильевич большое внимание уделял инструментальной диагностике. Оснащение отделения новыми рентгеновскими аппаратами, применение новых методик позволили по-новому взглянуть на проблему инструментальной диагностики черепно-мозговых травм. В 1973 г. была опубликована первая в отечественной

литературе монография В. В. Лебедева, Ю. И. Королькова, Ю. С. Иоффе и И. М. Островской «Рентгенодиагностика черепно-мозговых повреждений и их последствий». В книге предлагались методики рентгенологического обследования больных в зависимости от тяжести их состояния, были описаны дифференциальная диагностика переломов костей черепа, ангиографическая семиотика эпидуральных, субдуральных и внутримозговых гематом.

По предложению Вячеслава Васильевича в 1964 г. И. А. Загрековым одним из первых в стране был разработан и внедрен метод эхоэнцефалоскопии для диагностики черепно-мозговой травмы и сосудистых заболеваний головного мозга в остром периоде. Наряду с ангиографией эхоэнцефалоскопия позволила значительно улучшить диагностику сдавления головного мозга внутримозговыми гематомами различного генеза. Эхоэнцефалоскопия надолго стала основным методом диагностики черепно-мозговых травм в нейрохирургических отделениях. Это был революционный для своего времени метод. Компактный аппарат позволял определять смещение мозга по данным отраженного ультразвукового сигнала у постели больного или в машине скорой помощи, что было особенно важно для врачей выездной бригады. В. В. Лебедев приложил большие усилия для внедрения этого метода в других клиниках Москвы и других городах СССР.

В концепции неотложной нейрохирургии Вячеслав Васильевич значительное место уделял дислокационному синдрому, его диагностике и лечению в раннем периоде — до развития необратимых изменений в стволе мозга. Эта проблема будет изучаться в клинике на протяжении всей его деятельности.

Первые работы, посвященные проблемам диагностики дислокационного синдрома, опирающиеся на ангиографию и данные акустических стволовых вызванных потенциалов, были проведены в 1970-е годы (диссертации С. И. Шепса «Экстренная диагностика травматических поражений височной доли головного мозга» (1976) и Т. С. Проскурниной «Острый дислокационный синдром при черепно-мозговой травме и внутримозговых кровоизлияниях» (1980)). Революционным для своего времени был предложенный А. Г. Соловьевым и В. В. Лебедевым в 1976 г. метод расчленения намента мозжечка с целью ликвидации ущемления мозга при аксиальной дислокации с помощью оригинального инструмента — тенториотома. В. В. Крылов и В. В. Лебедев разработали новую методику хирургического лечения при дислокации мозга под серповидный отросток с применением другого оригинального инструмента — фальксотома.

Следует подчеркнуть, что в 1970-е годы изучение дислокационного синдрома в остром периоде заболеваний и травматических повреждений мозга было новым направлением в неотложной нейрохирургии, которое заставило взглянуть по-другому на ряд, каза-

лось бы, простых вопросов. Например — выполнение спинномозговой пункции в остром периоде заболевания. В 1960–1970-е годы в ряде ведущих нейрохирургических и неврологических клиник в качестве одного из первых шагов в диагностике черепно-мозговых травм и острых сосудистых заболеваний мозга было принято проводить спинномозговую пункцию. Пункцию делали сразу при поступлении больного, до исключения внутримозгового объемного образования, не учитывая угрозы бурного нарастания дислокации мозга, которое могло спровоцировать выведение даже небольшого количества ликвора. Благодаря энергичным выступлениям профессора В. В. Лебедева в печати и на конференциях была показана порочность этой тактики, и в настоящее время до исключения угрозы сдавления и дислокации мозга спинномозговую пункцию не проводят. В качестве руководства для врачей в регионах страны в 1977 г. была издана книга В. В. Лебедева и Д. Я. Горенштейна «Лечение и его организация при черепно-мозговой травме».

Работа института как многопрофильного лечебно-учреждения позволила также начать изучение проблемы диагностики и лечения сочетанной травмы. Полученные результаты были опубликованы в книге профессоров В. В. Лебедева, В. П. Охотского и Н. Н. Каншина «Неотложная помощь при сочетанных травматических повреждениях» (1980).

Одной из важных задач неотложной нейрохирургии, которой уделял большое внимание Вячеслав Васильевич, была проблема лечения больных с острыми нарушениями мозгового кровообращения — геморрагическим и ишемическим инсультом. Решение проводить хирургическое лечение пациентам с инсультом в корне меняло устоявшуюся концепцию. Неврологи в то время считали таких больных не только неоперабельными, но даже нетранспортабельными. Консервативное лечение было неэффективным и приводило к значительной летальности и большой доле инвалидизации. Вячеслав Васильевич считал необходимым принципиально изменить концепцию лечения инсультов — применять хирургическое лечение при некоторых формах нарушения мозгового кровообращения. Оснащение отделения современными на тот момент диагностическими средствами, работающими круглосуточно, позволило впервые в СССР заняться проблемой экстренной диагностики и лечения пациентов с геморрагическим и ишемическим инсультом.

Заложенная в то время В. В. Лебедевым концепция лечения пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения как часть учения о неотложной нейрохирургии — активное выявление больных, консультация нейрохирурга, перевод в нейрохирургическое отделение, экстренная диагностика и лечение — не менялась и в настоящее время. Для реализации этой концепции В. В. Лебедеву пришлось решать огромное количество организационных задач: организовать

дежурство нейрохирургов в оперативном отделе скорой помощи для своевременной консультации нейрохирургов в неврологических отделениях и перевод пациентов для хирургического лечения в институт в остром периоде заболевания.

Не менее важными были проблемы совершенствования методов экстренной диагностики и хирургического лечения. В рамках решения этих проблем под руководством Вячеслава Васильевича были разработаны и внедрены специальные ранорасширители, позволившие выполнять менее травматичный доступ к внутримозговой гематоме, специальный инструмент для удаления атеросклеротических бляшек из сонных артерий. Разработана методика операции наложения анастомоза между поверхностной височной и корковой ветвями средней мозговой артерии для улучшения кровоснабжения мозга.

Эти работы, в которых был обобщен разработанный в институте опыт комплексной диагностики и оперативного удаления внутримозговых кровоизлияний гипертонического генеза, легли в основу книги В.В. Лебедева, Ю.С. Иоффе и И.М. Островской «Хирургия острых мозговых инсультов» (1970). В книге большой раздел посвящен также дифференциальной диагностике геморрагических и ишемических инсультов, оперативному лечению стенозов и патологической извитости магистральных сосудов шеи.

Хирургическое лечение геморрагических инсультов позволило снизить летальность с 80–85 % при консервативном лечении до 40–50 % у оперированных больных, что в ту пору было несомненным достижением.

Успешное решение практических и научных задач по оказанию экстренной помощи больным не только с черепно-мозговыми травмами, но и с заболеваниями сосудов головного мозга, спинальной патологией, опухолями головного мозга в стадии субкомпенсации послужило обоснованием для переименования нейротравматологического отделения в нейрохирургическое.

В 1975 г. Вячеслав Васильевич Лебедев был назначен главным внештатным специалистом-нейрохирургом Комитета здравоохранения г. Москвы. Административная должность позволила решать нейрохирургические проблемы на общегородском уровне.

Принципиально новая концепция лечения пациентов с инсультом, анализ ошибок диагностики нейрохирургических заболеваний и травм врачами скорой помощи и непрофильных стационаров привели В.В. Лебедева к идее создания в Москве службы консультативной нейрохирургической бригады, которая могла бы не только консультировать, но и госпитализировать больных в профильные отделения.

Будучи главным нейрохирургом Комитета здравоохранения г. Москвы, В.В. Лебедев сумел добиться организации выездной нейрохирургической бригады на базе нейрохирургического отделения института.

Бригада начала свою работу в 1978 г., и ее работа была организована на принципиально новой основе. Врачей-консультантов набирали из штата отделения нейрохирургии, фельдшера и машину, а также медикаментозное обеспечение предоставляла станция скорой медицинской помощи. Вскоре для нейрохирургической бригады выделили реанимобиль «Мерседес», один из немногих тогда в Москве. Врачи, фельдшеры и водители ценили работу в бригаде, которая была дружным сплоченным коллективом. Нейрохирургическое отделение института выделяло бригаде эхоэнцефалоскоп и необходимые инструменты для проведения операций в других стационарах. Если ранее врача-нейрохирурга вызывали из Городской клинической больницы им. С.П. Боткина в дневное время и по личной договоренности, то теперь консультативная бригада обеспечивала консультации круглосуточно, и вызовы осуществлялись через диспетчера скорой помощи по номеру 03. В разработанном «Положении о нейрохирургической бригаде» предусматривались не только консультации больных, но и перевод больного в профильное отделение, а при необходимости – проведение оперативного вмешательства на месте.

В начале своей работы консультативная бригада выезжала к больным преимущественно с черепно-мозговой травмой, находившимся в других стационарах. Впоследствии в связи с необходимостью улучшения качества оказания медицинской помощи больным с сосудистыми заболеваниями мозга изменилась структура вызовов, значительную долю которых стали составлять случаи острого нарушения мозгового кровообращения.

В конце 1970-х – начале 1980-х годов у Вячеслава Васильевича возникла идея хирургического лечения аневризм мозга в остром периоде их разрыва. Это было смелым предложением, которое встретило вначале довольно резкие возражения со стороны отечественных нейрохирургов, традиционно оперировавших больных с аневризмами в «холодном» периоде. Хирургия аневризм мозга, пожалуй, одна из наиболее сложных ее частей, потребовала значительным образом перестроить работу клиники. Нейрохирургическую операционную оснастили операционным микроскопом, микрохирургическим инструментарием. Налаженная ранее логистика отбора и госпитализации пациентов с геморрагическим и ишемическим инсультом позволила обеспечить поток больных в отделение. Как всякое новое дело, хирургию аневризм первыми осваивали энтузиасты. Операции по поводу разрыва интракраниальных аневризм, ставшие впоследствии одним из основных направлений работы отделения, начали выполнять В.Н. Шелковский, В.В. Крылов, В.Г. Руруа. Все это позволило подойти к разработке новой актуальной и сложной проблемы хирургического лечения больных с разрывом артериальных аневризм и артериовенозных мальформаций в остром периоде заболевания.

Первые работы – статьи и доклады на конференциях, посвященные этой проблеме, – были опубликованы в 1984–1985 гг. В 1988 г. были защищены кандидатские диссертации В.В. Крыловым («Прогноз исхода ранних операций при разрывах аневризм сосудов головного мозга») и С.А. Холодовым («Прогнозирование и профилактика повторных кровотечений из артериальных аневризм сосудов головного мозга»). В дальнейшем работы его учеников В.Н. Шелковского, В.В. Крылова, С.А. Холодова и других доказали эффективность концепции ранних операций при разрывах аневризм, продемонстрировав снижение летальности.

В смутное время 1990-х годов значительно увеличилось число пострадавших с огнестрельными и оружейными ранениями. Вячеславу Васильевичу как ветерану-фронтовику была интересна эта тема и он приложил большие усилия к изучению патогенеза оружейных ранений, разработке новых методов хирургического лечения. Итогом большой работы стала монография В.В. Лебедева и В.В. Крылова «Оружейные черепно-мозговые ранения мирного времени».

*Вся гордость учителя в учениках,  
в росте посеянных им семян.*

*Д.И. Менделеев*

Вячеслав Васильевич был прекрасным педагогом, всегда уделял большое внимание обучению молодых врачей. Стремился не только развивать у них знание практических и теоретических основ медицины, но и воспитывать чувство ответственности перед больными. Охотно проводил с ними занятия, дискутировал, привлекал к научным исследованиям. В одной из работ он замечает: «Недаром говорят, что каждый знает, как управлять государством и как правильно лечить». Вячеслав Васильевич был противником «заочной критики» и всегда требовал коллегиального, открытого обсуждения диагноза и определения тактики лечения пациента.

Издание журнала, который являлся бы проводником идей неотложной нейрохирургии, было давней мечтой Вячеслава Васильевича. Мечта сбылась. В 1998 г. сотрудниками отделения при участии Ассоциации нейрохирургов России основан журнал «Нейрохирургия». В.В. Лебедев стал его главным редактором и вложил всю свою энергию в новое начинание. В настоящее время журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России для публикации материалов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук. В настоящее время журнал насчитывает более 1500 подписчиков.

Вячеслав Васильевич написал около 400 научных работ, из них 13 книг, которые стали настольными для нейрохирургов и врачей смежных специальностей. А руководство по неотложной нейрохирургии было удостоено премии им. акад. Н.Н. Бурденко. Публикации В.В. Лебедева отличал особый «лебедевский» стиль – четкость мысли, отсутствие сложных заумных выражений и оборотов, простота подачи информации.

Трудовая и научная деятельность Вячеслава Васильевича получила высокую оценку Правительства России, Москвы и научной общественности.

В 1995 г. за научно-исследовательскую работу «Лечение и его организация при черепно-мозговой травме и острых сосудистых заболеваниях головного мозга» В.В. Лебедев, В.В. Крылов, М.С. Гельфенбейн, Н.С. Кукусова, М.Ю. Мятчин, Р.А. Карамышев, Ю.С. Иоффе были награждены Премией мэра Москвы.

За значительный вклад в развитие науки В.В. Лебедев в 1999 г. был удостоен Государственной премии Российской Федерации.

Самое главное наследство Вячеслава Васильевича – создание своей научной школы, воспитание большого числа учеников, которые работают на всем постсоветском пространстве и за рубежом, продолжают и расширяют начатое им дело.

*Д.м.н. А.Э. Тальтов*

# ВОСПОМИНАНИЯ О ВЯЧЕСЛАВЕ ВАСИЛЬЕВИЧЕ ЛЕБЕДЕВЕ (1923–2008) К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

## Memories of Vyacheslav Vasilievich Lebedev (1923–2008) For the 100<sup>th</sup> anniversary of birth

Вячеслав Васильевич прожил долгую и плодотворную жизнь. Идеолог неотложной нейрохирургии, профессор, заслуженный деятель науки, создатель школы в Институте им. Н.В. Склифосовского, основатель журнала «Нейрохирургия», автор 13 книг, руководитель порядка 25 диссертационных работ. Яркая личность с фронтовой биографией, ученый с полемическим задором, смелый нейрохирург-новатор, патриот, гражданин, с харизматическим даром. Был гневлив, но отходчив. Бывал противоречив, заблуждался в научных исканиях и предлагаемых методах. Одни ошибки признавал, в других упорствовал. Субъективизм в суждениях порой перевешивал объективный подход. Лебедева все сразу запоминали. Его присутствие или отсутствие всегда явственно ощущалось.

Книгу о Вячеславе Васильевиче, полагаю, напишут его ученики. А я расскажу о наших непростых, но продуктивных взаимоотношениях на протяжении почти полувека.

В аспирантуре института нейрохирургии мои интересы ограничивались нейроонкологией. Но когда после защиты кандидатской диссертации в 1962 г. я попал в Горьковский институт травматологии и ортопедии, вынужден был целиком переключиться на черепно-мозговые повреждения. И конечно, в поле моего зрения впервые попали труды Вячеслава Васильевича Лебедева из «Склифа». Прежде всего они привлекали обширностью наблюдений. С такой «фактурой» нельзя было не считаться.

Вслед за ним мы с моим другом Львом Хацкелевичем Хитриным занялись изучением травматических внутричерепных гематом. Картина в таком крупнейшем центре, как Горьковский институт травматологии, была удручающей: 90 % случаев объемных церебральных кровоизлияний распознавались только на секции, а в остальных 10 % пострадавшие оперировались с таким опозданием, что подавляющее большинство погибало.

Мы изучали причины ошибок на судебно-медицинском материале и накапливали собственные клинические наблюдения, к которым применяли предложенный нами принцип «гематомной настороженности». Ситуация начала меняться к лучшему.

Обобщив свой первый опыт, написали статью об эпидуральных гематомах и направили ее в «Хирург-

ию. Журнал им. Н.И. Пирогова», только потому что членом редколлегии там был их знаток – В.В. Лебедев. Надеялись и ждали. Месяца через два получили разгромную рецензию: материал мал, зато его анализ чрезмерен, и публиковать статью нет смысла.

Бесспорно, Вячеслав Васильевич был прав, упрекая нас в многосторонности разбора сравнительно небольшого числа наблюдений. Но показалось, что рецензент «прошел мимо», не оценив изменения прогноза в лучшую сторону при нашем подходе к хирургии эпидуральных гематом.

Продолжали собирать материал, разрабатывая клинические варианты течения оболочечных, внутримозговых и внутрижелудочковых травматических гематом, дифференциальную диагностику и методики удаления, включая случаи нетипичной локализации.

В итоге получилась новаторская диссертация Льва Хацкелевича, а затем и первая в стране наша совместная монография «Травматические внутричерепные гематомы», изданная «Медициной» в 1973 г.

В 1969 г. я впервые увидел Вячеслава Васильевича и познакомился с ним. Он проводил в Институте им. Н.В. Склифосовского Всесоюзную конференцию, посвященную хирургическому лечению ушибов головного мозга. Эксперименты зарубежных ученых «заразили» Вячеслава Васильевича, и он со свойственной ему экспрессией продвигал новый метод в советскую клиническую практику. Появились и апологеты тотальной хирургии ушибов головного мозга, и противники оперативного вмешательства. К последним относился и я.

Вячеслав Васильевич обезоруживал своей доброй улыбкой и приветливостью. «Я думал, что Лихтерман-Хитрин – это один человек», – пошутил он, подавая мне руку. И продолжал: «Почитав Ваши работы, я обещаю, что больше их «рубить» не буду». Это был диалог старшего и младшего. Несмотря на нашу «неравновесность», я все же выступил на конференции с критикой всеобщего охвата хирургическим лечением пострадавших с тяжелыми ушибами головного мозга. В этом вопросе мы с Вячеславом Васильевичем разошлись.

Наблюдая поток пострадавших с черепно-мозговой травмой в 100-кочном Горьковском межобластном нейрохирургическом центре, я убедился, что если ушибы мозга тяжелой степени не сопровождаются внутричерепными гематомами и вдавленными переломами,

то «в чистом виде» сравнительно редко подлежат хирургии. Методов бескровной нейровизуализации в 1960–1970-е годы еще не было, и я не представлял, как, не зная топоики, размеров и структуры очаговых повреждений вещества мозга, можно в него вторгаться и неизбежно ятрогенно дополнительно травмировать, тем более что адепты хирургии ушибов мозга, например Юрий Вячеславович Зотов, предлагали удалять очаги повреждения мозга в пределах здоровых тканей от 0,5 до 4 см по окружности. Думаю, что и Вячеслав Васильевич не был сторонником некритичного механистического перенесения того, что допустимо по отношению к мышечной и костной тканям, на вещество головного мозга.

Забегу вперед. Компьютерная и магнитно-резонансная томографии позволили прижизненно изучать эволюцию и инволюцию очаговых повреждений вещества головного мозга. И при сопоставлении с клинической картиной и катамнезом было установлено, что собственные саногенные механизмы пострадавшего часто лучше справляются с очагами размозжения, чем хирургическое вмешательство. В итоге были выработаны дифференцированные показания к их лечению с расширением сферы консервативного ведения пострадавших.

Вячеслав Васильевич не просто рекомендовал, а со свойственной ему непререкаемостью требовал, чтобы все операции по удалению травматических внутричерепных гематом и ушибов головного мозга проводились исключительно с использованием резекционной трепанации. Поскольку он был главным нейрохирургом Москвы, его решение распространялось не только на Институт им. Н.В. Склифосовского, а на все скорпомощные больницы мегаполиса. Хирурги, которые, исходя из компенсированного состояния больного, осуществляли костно-пластическую трепанацию, строго наказывались Вячеславом Васильевичем.

Обоснована ли такая позиция, сохраняя жизнь оперированным пострадавшим, заведомо делать их инвалидами и подвергать повторным операциям по закрытию дефекта черепа, образованного при резекционной трепанации? Конечно, декомпрессия в тяжелых случаях могла облегчать течение послеоперационного периода. Но зачем же всегда делать ее путем резекционной трепанации, а не сохранять кость, выпиленную при костно-пластической трепанации, для последующей реконструкции черепа?

Любую критику на этот счет и данные литературы Вячеслав Васильевич решительно отвергал, даже когда наступил период неинвазивной нейровизуализации. Его ближайший ученик и преемник Виктор Владимирович Крылов тогда предложил провести сравнительное исследование резекционной и костно-пластической трепанации на репрезентативных сопоставимых группах больных в Институте им. Н.В. Склифосовско-

го. Исследование показало, что никакого выигрыша во времени и результатах хирургического лечения тяжелой черепно-мозговой травмы резекционный метод удаления не дает, гарантируя лишь дополнительную инвалидизацию пострадавших. Замечу, что подобные сравнительные исследования с такими же результатами провел Л.Х. Хитрин в Горьком еще в 1960-е годы. Вячеслав Васильевич наконец смирился: спорить с данными, полученными в собственной клинике, было невозможно.

Об истинном отношении, доверии ко мне Вячеслава Васильевича и оценке им моей роли в нейротравматологии свидетельствует история получения нами Государственной премии.

В июне 1988 г. во время проведения IV и последнего Всесоюзного съезда нейрохирургов в Ленинграде Вячеслав Васильевич с хитринкой в глазах, улыбаясь в усы, попросил меня проводить его в гостиницу «Октябрьская» — он уезжал в Москву, не дожидаясь окончания форума.

«Леонид Болеславович, — обратился ко мне Вячеслав Васильевич, — никто кроме нас с Вами не сделал больше для разработки проблем черепно-мозговой травмы и внедрения их в практику. Почему бы нам не получить заслуженную Государственную премию. Конечно, надо создать команду. Это я поручаю Вам. Бесспорен Потапов из Института Бурденко, а далее необходим тяжеловес, такой как Ромоданов. Он и его институт занимаются травмой. Поезжайте в Киев и переговорите с Андреем Петровичем».

Предлог для поездки в Киев был: я курировал Всесоюзную программу по нейротравме. Изложил Андрею Петровичу предложение Вячеслава Васильевича. Тот воодушевился и в присущей ему четкой начальственной манере сказал/приказал: «Мы будем головными, 5 человек от Киева и 3 от Москвы. А Вас, Леонид Болеславович, прошу быть координатором».

Я заранее предполагал, что эту роль отведут мне. Собрал материалы от соавторов и быстро слепил увесистую, богато иллюстрированную машинописную книгу для Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР. Бегать туда пришлось многократно. К счастью, комитет располагался поблизости от Института нейрохирургии — на 3-й Тверской-Ямской.

Вячеслав Васильевич и другие коллеги были довольны моей оперативностью. Вначале дело продвигалось успешно. После 1-го тура голосования в секции по медицине наша работа среди полутора десятков претендентов заняла 3-е место (премий по медицине полагалось три). Мы прошли во 2-й тур, но там нас обошли, и с 4-м местом попали на решающее голосование в комитете. Премия нам не досталась, правда, предложили подавать работу на следующий 1990 г. Это мы сделали, но нас срезали уже на 1-м туре. Нет так нет.

Свои исследования продолжали. Несмотря на отсутствие финансирования и другие трудности,

связанные с надвигавшимся распадом Советского Союза, мы все же успешно завершили отраслевую научно-техническую программу С. 09 «Травма центральной нервной системы». В 1994 г. Александр Николаевич Коновалов и Вячеслав Васильевич Лебедев напомнили мне, что пора подавать документы на соискание Государственной премии, теперь уже Российской Федерации.

Материалы наши по черепно-мозговой травме стали значительно богаче. Костяк команды (ее предел 8 человек) составили сотрудники Института нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко во главе с Александром Николаевичем Коноваловым, и, конечно, в нее вошел Вячеслав Васильевич Лебедев из НИИ скорой помощи им. Н.Ф. Склифосовского. Опять я сидел летом над созданием внушительного тома описания нашей работы и тома-приложения с иллюстрациями.

В конце августа отнес эти тяжелые пакеты (плюс изданные монографии) в Комиссию по Государственным премиям при Президенте России. Уже в 1-м туре голосования мы оказались на 2-м месте, во 2-м туре — опустились на 1 ступеньку, а в 3-м решающем туре — разделили 2—3-е место. В итоге получили Государственную премию РФ за 1995 г. в области науки и техники.

Все, а в особенности Александр Николаевич, благодарил меня за подготовленный труд. Помню, как довольный Вячеслав Васильевич отозвал меня в сторону и сказал: «У меня есть достаточно материалов, чтобы претендовать на Госпремию по сосудистой тематике. Я прошу Вас заняться ее оформлением». — «Вячеслав Васильевич, у меня нет работ по сосудистой патологии, и потому не могу участвовать». — «Зато Вы умеете создавать представление, да и невролог Вы известный». Однако на том дело и закончилось.

Вячеслав Васильевич, натура увлекающаяся, искал способы борьбы с жизненно опасной травматической внутричерепной гипертензией. Сам ли или с чьей-то подачи он ухватился за тенториотомию как метод внутренней декомпрессии, уравнивающий градиенты давления в супратенториальном и субтенториальном пространствах и препятствующий ущемлению ствола мозга в вырезке мозжечкового намета. С этой целью был изобретен тенториотом. Вячеслав Васильевич и его помощники использовали его у больных в коматозном состоянии. Сложно представить, как вслепую — при отсутствии методов нейровизуализации и навигации — возможно атравматично и бескровно достичь края вырезки мозжечкового намета и рассечь его. Как писал сам Вячеслав Васильевич, тенториотомия не спасала больных, у которых ее применили. Они погибали, конечно, не столько вследствие процедуры рассечения намета, сколько вследствие совокупной тяжести повреждения мозга. И тем не менее Вячеслав Васильевич продолжал пропагандировать этот метод.

Профессор Лебедев был выдающимся организатором. Ему принадлежит идея создания специализиро-

ванных нейрохирургических бригад скорой помощи и ее осуществление. Это резко подняло в Москве уровень ургентной диагностики и лечения не только черепно-мозговой травмы, но и спонтанных субарахноидальных кровоизлияний.

Вячеслав Васильевич явился пионером развития в стране учения о сочетанной черепно-мозговой травме, травматическом шоке, сосудистой нейрохирургии.

Последним детищем профессора Лебедева стало создание им журнала «Нейрохирургия». Это был смелый и ответственный шаг. Журнал «состоялся и устоял». Вячеслав Васильевич, естественно, занял пост главного редактора, а его сподвижник В.В. Крылов стал заместителем главреда. В редколлегию Вячеслав Васильевич ввел и меня, зная, что я часто буду с ним полемизировать. И действительно, заседания редколлегии проходили очень живо, во многом благодаря тому, что дискутировали два самых старых и опытных ее члена — Вячеслав Васильевич и Леонид Болеславович. В какой-то мере это была школа для молодых — так считали они сами.

Будучи много лет председателем Московского общества нейрохирургов, профессор Лебедев много сделал для воспитания у своих коллег клинического мышления.

Вячеслав Васильевич был блистательным полемистом, разбирая на страницах журнала самые острые вопросы медицины на стыке с социологией. Мои статьи он почти всегда размещал в разделе «Дискуссии» и обычно сам их критично комментировал.

Впрочем, однажды Вячеслав Васильевич резко, неаргументированно и неуступчиво выступил против публикации лекции по классификации черепно-мозговой травмы, написанной мной по просьбе заместителя главного редактора В.В. Крылова. Я не понимал причины отказа, тем более что сам Вячеслав Васильевич был одним из создателей этой официально утвержденной версии отечественной классификации. Обиделся и решил выйти из редколлегии. Спасибо Владимиру Викторовичу — уговорил остаться. Позже причина стала ясна: Вячеслав Васильевич выпустил собственную версию классификации и патогенеза ушибов головного мозга, расхваливая ее, с моей. В знак примирения Вячеслав Васильевич предложил мне опубликовать лекцию о сотрясении головного мозга.

Журнал «Нейрохирургия» был для Вячеслава Васильевича творческой отдушиной, особенно в последние годы, тяжелые для него.

С Вячеславом Васильевичем мы обменивались своими монографиями. Более того, он нередко просил, чтобы именно я их рецензировал, так как был уверен в моей объективности. Он привлекал меня также к оппонированию диссертаций своих учеников. С аналогичными просьбами и я обращался к Вячеславу Васильевичу. Доверительность наших отношений подчеркивает и тот факт, что, когда ему была нужна поддержка прессы, он

просил меня помочь с публикациями в «Медицинской газете», с которой я сотрудничал.

Вячеслав Васильевич нередко тяжело болел. И если требовалось, смело шел на операции. Одну из них – на сосудах сердца – перенес незадолго до кончины. Аналогичную операцию сделали тогда нашему другу Федору Андреевичу Сербиненко, несмотря на это погибшему от кардиальной патологии. Я помню, как Вячеслав Васильевич, выступая на панихиде, сказал: «Мне повезло, а ему – нет».

Последний наш разговор состоялся месяца за три до его кончины. Вячеслав Васильевич неожиданно предложил: «Нашему журналу исполняется 10 лет (в 2008 г. – Л. Л.). Я прошу Вас написать об этом статье». Я пытался было сказать, что это должен сделать он как создатель и главный редактор. Наконец, есть у него и заместитель, с которым вместе «сотворили» второй нейрохирургический журнал в России. Вячеслав Васильевич был непреклонен. Конечно, я исполнил его волю. Знаю, что мои заметки прочитал и, самое главное, одобрил Вячеслав Васильевич.

Вот строки из моей статьи: «Из едва оперившейся узкой специальности нейрохирургия превратилась в масштабную нейрохирургическую службу обширной страны с 3 тысячами нейрохирургов и с 300 нейрохирургическими отделениями».

«Критическая масса» необходимости второго нейрохирургического журнала в России накопилась. Но

нужны были личности, которые смогли бы осуществить продуктивный «взрыв». Ими стали Вячеслав Васильевич Лебедев и Владимир Викторович Крылов – создатель и воспитанник нейрохирургической школы Института им. Н.В. Склифосовского. Какие трудности им пришлось преодолеть на пути создания журнала, знают только они. Впрочем, роды всегда мучительны, лишь бы дитя оказалось удачным. К счастью, «Нейрохирургия» оправдала страдания своих создателей.

Новый журнал сразу привлек к себе «любовь пространства», каким является огромная Россия. При общем предназначении многое отличало его от «старшего брата» – журнала «Вопросы нейрохирургии».

Вячеслав Васильевич до последнего дыхания продолжал редактировать журнал. Выходило в свет 2-е издание его книги «Неотложная хирургия черепно-мозговой травмы». Он чувствовал, что не доживет до выхода тиража, и собственноручно составил список близких коллег, которым просил подарить его последнюю книгу. В их числе Вячеслав Васильевич написал и мою фамилию. Владимир Викторович Крылов исполнил волю своего учителя.

Мы часто спорили с Вячеславом Васильевичем, но уважали и ценили друг друга и, видимо, были друг другу необходимы. Мне не хватает Вячеслава Васильевича. Плохо без него...

*Проф. Л.Б. Лихтерман*

# КАВЕРНОМЫ КАВЕРНОЗНОГО СИНУСА

А.Н. Шкарубо<sup>1</sup>, И.В. Чернов<sup>1</sup>, А.А. Веселков<sup>1</sup>, М.А. Кутин<sup>1</sup>, Д.В. Фомичев<sup>1</sup>, О.И. Шарипов<sup>1</sup>, Д.Н. Андреев<sup>1</sup>,  
Д.С. Ким<sup>1</sup>, А.Д. Донской<sup>1</sup>, И.С. Клочкова<sup>1</sup>, М.Е. Синельников<sup>2</sup>, П.Л. Калинин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); Россия, 119991 Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 4

**Контакты:** Илья Валерьевич Чернов [ichernov@nsi.ru](mailto:ichernov@nsi.ru)

**Введение.** Кавернома кавернозного синуса – достаточно редкое доброкачественное новообразование, на долю которого приходится <3 % всех новообразований этой области. Из-за редкости данной патологии стандартизированный протокол диагностики или лечения не разработан. Для лечения используются хирургические и радиохирургические методы.

**Цель исследования** – анализ результатов лечения пациентов с каверномами кавернозного синуса, оперированных в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России с 2000 по 2022 г. с использованием эндоскопического трансназального доступа.

**Материалы и методы.** Мы представляем собственный опыт лечения 9 пациентов, которым было выполнено трансназальное эндоскопическое удаление каверномы кавернозного синуса.

**Результаты.** В литературе представлено описание в общей сложности около 300 случаев лечения пациентов с каверномами кавернозного синуса, и только в 12 случаях описано эндоскопическое удаление.

В нашей серии в 7 случаях удалось добиться субтотального удаления, в 2 случаях удаление было частичным. Послеоперационный период у всех пациентов протекал без особенностей и без осложнений.

**Заключение.** Эндоскопический трансназальный доступ позволяет выполнить частичное или субтотальное удаление образования без риска травмы черепных нервов и с минимальной травмой мягких тканей, что положительно сказывается на течении послеоперационного периода. В сочетании с радиохирургическими методами возможно достижение удовлетворительных результатов лечения.

**Ключевые слова:** кавернома кавернозного синуса, эндоскопический трансназальный доступ, радиохирургическое лечение, эндоскопическое удаление каверномы кавернозного синуса

**Для цитирования:** Шкарубо А.Н., Чернов И.В., Веселков А.А. и др. Каверномы кавернозного синуса. Нейрохирургия 2024;26(1):25–33. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-25-33>

## Cavernomas of cavernous sinus

A.N. Shkarubo<sup>1</sup>, I.V. Chernov<sup>1</sup>, A.A. Veselkov<sup>1</sup>, M.A. Kutin<sup>1</sup>, D.V. Fomichev<sup>1</sup>, O.I. Sharipov<sup>1</sup>, D.N. Andreev<sup>1</sup>, D.S. Kim<sup>1</sup>,  
A.D. Donskoy<sup>1</sup>, I.S. Klochkova<sup>1</sup>, M.E. Sinelnikov<sup>2</sup>, P.L. Kalinin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4<sup>th</sup> Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia;

<sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 4, 2 Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow 119991, Russia

**Contacts:** Ilya Valeryevich Chernov [ichernov@nsi.ru](mailto:ichernov@nsi.ru)

**Background.** Cavernoma of cavernous sinus is a fairly rare benign neoplasm, accounting for less than 3 % of all neoplasms in this area. Due to the rarity of this pathology, a standardized protocol for diagnosis or treatment has not been developed. Surgical and radiosurgical methods are used for treatment.

**Aim.** Analysis of the results of treatment of patients with cavernous sinus cavernomas operated at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery from 2000 to 2022 using endoscopic transnasal access.

**Materials and methods.** We present our own experience in the treatment of 9 patients who underwent transnasal endoscopic removal of cavernous sinus cavernoma.

**Results.** A total of about 300 cases of treatment of patients with cavernous sinus cavernomas have been described in the literature, and endoscopic removal has been described in only 12 cases.

As a result, subtotal removal was achieved in 7 cases. In 2 cases, the removal was partial. The postoperative period proceeded in all patients without peculiarities and without complications.

**Conclusion.** Endoscopic transnasal access allows partial or subtotal removal of the formation without risk of injury to cranial nerves and with minimal soft tissue injury, which has a positive effect on the postoperative period of patients. In combination with radiosurgical methods, it is possible to achieve satisfactory treatment results.

**Keywords:** cavernous sinus cavernoma, endoscopic transnasal access, radiosurgical treatment, endoscopic removal of cavernous sinus cavernoma

**For citation:** Shkarubo A.N., Chernov I.V., Veselkov A.A. et al. Cavernomas of cavernous sinus. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2024;26(1):25–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-25-33>

## ВВЕДЕНИЕ

Кавернома кавернозного синуса — достаточно редкое доброкачественное новообразование, на долю которого приходится <3 % всех новообразований этой области [1, 2]. Клинические симптомы развиваются при увеличении объема образования и развитии масс-эффекта. Неврологически это может проявляться диплопией, птозом, экзофтальмом, снижением остроты зрения, выпадением зрительных полей, эндокринопатией, тригеминальной невралгией. Актуальными вопросами остаются предоперационная диагностика заболевания, определение адекватного доступа и, соответственно, планируемого объема удаления образования. Рентгенологическими признаками, характерными для каверном кавернозного синуса, являются гипо-/изоинтенсивный сигнал в режиме T1 и гиперинтенсивный в режиме T2, а также выраженное гомоили гетерогенное накопление контрастного вещества «от края к центру», оцениваемое в динамических последовательностях магнитно-резонансной томографии [3]. Тем не менее постановка предоперационного диагноза затруднительна, в связи с чем планируемый объем операции может меняться интраоперационно.

В силу редкости этой патологии, отсутствия достаточного опыта в лечении, анатомически труднодоступной локализации на данный момент не существует единой тактики лечения каверном кавернозного синуса.

В литературе описаны следующие варианты лечения: микрохирургическое удаление (включая экстрадуральные доступы), эмболизация, стереотаксическая радиохирurgia («гамма-нож» и фракционированная радиотерапия) и комбинации этих вариантов [1, 3–8]. Открытое вмешательство не всегда обеспечивает тотальное удаление каверномы и сопровождается высоким риском интраоперационного массивного кровотечения и развития стойкого послеоперационного неврологического дефицита [5, 9, 10].

В настоящее время наиболее распространенным вариантом лечения является комбинированное, включающее биопсию/частичное удаление с использованием птерионального/орбитозигматического или трансназального трансфеноидального доступов с последующим облучением [5, 7, 11, 12].

**Цель исследования** — анализ результатов лечения пациентов с каверномами кавернозного синуса,

оперированных в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России с 2000 по 2022 г. с использованием эндоскопического трансназального доступа.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России с 2000 по 2022 г. эндоскопически трансназально оперированы 9 пациентов (7 мужчин и 2 женщины) с каверномами кавернозного синуса, у которых перед операцией подозревали различные опухоли этой локализации (табл. 1). Средний возраст пациентов составил 47 лет (минимальный — 29, максимальный — 60 лет). В каждом случае кавернома располагалась в правом или левом кавернозном синусе. Самым частым клиническим проявлением была диплопия ввиду поражения III черепного нерва — 8 случаев. В 3 случаях наблюдалось сужение полей зрения, в 1 случае — снижение остроты зрения, в 2 случаях больных беспокоила выраженная головная боль, в 1 случае симптоматики не было.

Всем пациентам было проведено гормональное исследование крови до, через 7 и 30 дней после операции (определяли показатели пролактина, тиреотропного, лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов, свободного тироксина (Т4), кортизола, тестостерона, эстрадиола, инсулиноподобного фактора роста 1 (соматомедина С)).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Все пациенты были прооперированы с использованием эндоскопического трансназального доступа. После доступа к пазухе основной кости проводили трепанацию дна турецкого седла и передней стенки кавернозного синуса. Образование во всех случаях было представлено плотной, тяжистой тканью, напоминающей стромальный компонент менингиом. Удаление осуществляли при помощи различных кюреток, кусачек. Тем не менее с учетом расположения образования в кавернозном синусе, плотного характера и спаянности с внутренней сонной артерией проводить диссекцию от внутренней сонной артерии представлялось крайне опасным ввиду риска ее повреждения. В результате в 7 случаях удалось добиться субтотального удаления, в 2 случаях удаление было частичным.

Таблица 1. Данные пациентов с кавернозными кавернозными синусами, прошедших лечение в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России с 2000 по 2022 г.

Table 1. Data of patients with cavernous sinus who underwent treatment at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia, between 2000 and 2022

Пол Sex	Возраст, лет Age, years	Локализация образования Lesion location	Симптоматика Symptoms	Хирургиче- ский доступ Surgical access	Исход Outcome	Радикальность резекции Resection radicality	Осложнения Complications	РХ RS	Гормональные нарушения Hormonal abnormalities
Мужской Male	58	ТС и ПКС ST and RCS	Диплопия Diplopia	ЭТТД ETTA	Улучшение Improvement	Субтотально Subtotal	Не было None	Ожидает Waiting	Нет No
Мужской Male	29	ПКС RCS	Диплопия, резь в глазах Diplopia, eye pain	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Субтотально Subtotal	Не было None	+	Нет No
Мужской Male	46	ТС и ПКС ST and RCS	Снижение остроты зрения, косогла- зие Visual impairment, cross eye	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Субтотально Subtotal	Не было None	+	Нет No
Женский Female	59	ТС и ПКС ST and RCS	Головная боль, диплопия, сужение полей зрения Headache, diplopia, visual field deficit	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Субтотально Subtotal	Не было None	+	ВГГ (до, после операции) SHT (before, after surgery)
Мужской Male	36	ТС и ЛКС ST and LCS	Диплопия Diplopia	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Частично Partial	Не было None	+	ВГГ (до, после операции) SHT (before, after surgery)
Мужской Male	60	ТС и ЛКС ST and LCS	Диплопия, сужение полей зрения Diplopia, visual field deficit	ЭТТД ETTA	Улучшение Improvement	Субтотально Subtotal	Не было None	+	Нет No
Мужской Male	43	ТС и ПКС ST and RCS	Диплопия, сужение полей зрения Diplopia, visual field deficit	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Субтотально Subtotal	Не было None	+	ПГ (до, после операции) PH (before, after surgery)
Мужской Male	39	ЛКС LCS	Головная боль, диплопия, эндо- кринная симптоматика Headache, diplopia, endocrine symptoms	ЭТТД ETTA	Без динамики после операции, через 6 мес уменьшение жалоб No dynamics after surgery, decreased complaints after 6 months	Частично Partial	Не было None	+	ВГГ, ВГГ (до, после операции) SHT, SHG (before, after surgery)
Женский Female	60	ПКС RCS	Асимптомно Asymptomatic	ЭТТД ETTA	Без динамики No dynamics	Субтотально Subtotal	Не было None	+	ПГ (до, после операции) PH (before, after surgery)

**Примечание.** ТС – турецкое седло; ПКС – правый кавернозный синус, ЛКС – левый кавернозный синус; ЭТТД – эндоскопический трансназальный транссфеноидальный доступ; РХ – радиохирургия; ВГГ – вторичный гипопитуризм; ВГГ – вторичный гипопитуризм; ПГ – пангипопитуризм.

Note. ST – sella turcica; RCS – right cavernous sinus; LCS – left cavernous sinus; ETTA – endoscopic transnasal transphenoidal access; RS – radiosurgery; SHT – secondary hypohyroidism; SHG – secondary hypogonadism; PH – panhypopituitarism.

Послеоперационный период у всех пациентов протекал без особенностей и без осложнений.

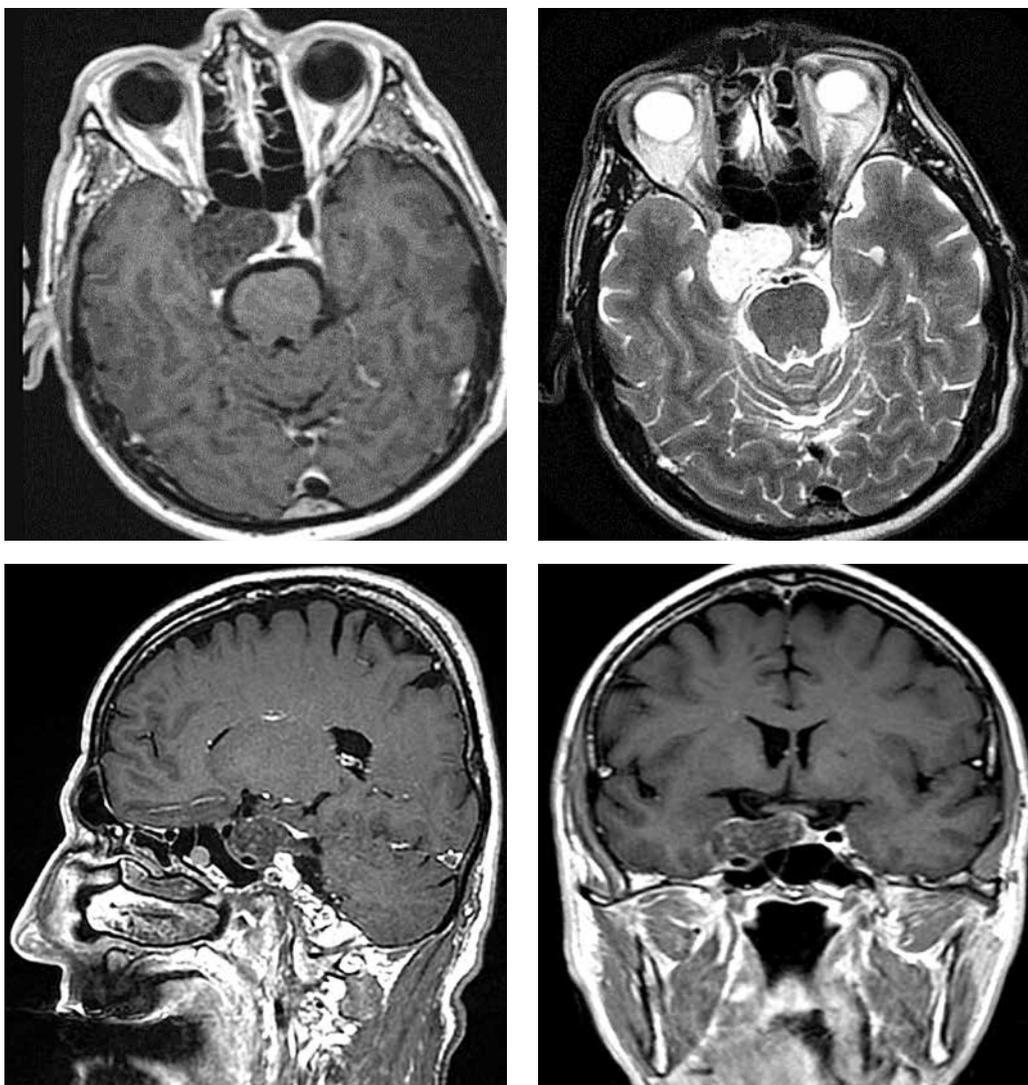
У 2 пациентов уменьшилось двоение в глазах, у 1 пациента явные улучшения наступили через полгода (регрессировала диплопия и перестали беспокоить головные боли). Все пациенты после хирургического лечения были направлены на радиохирургическое лечение: 2 из 8 пациентов успешно его прошли и на момент сбора катанеза у них наблюдается полный регресс симптоматики, с 6 из 8 пациентов связаться не удалось, однако 5 из них прошли облучение по данным медицинской документации.

В 44 % случаев (у 4 пациентов) не было выявлено эндокринных нарушений до операции. В остальных случаях характер питуитарных нарушений оставался без изменений после хирургического лечения (см. табл. 1).

Несахарный диабет отсутствовал во всех наблюдениях как до, так и после оперативного вмешательства. Пациентам с недостаточностью гормонов гипофиза назначали гормональную терапию.

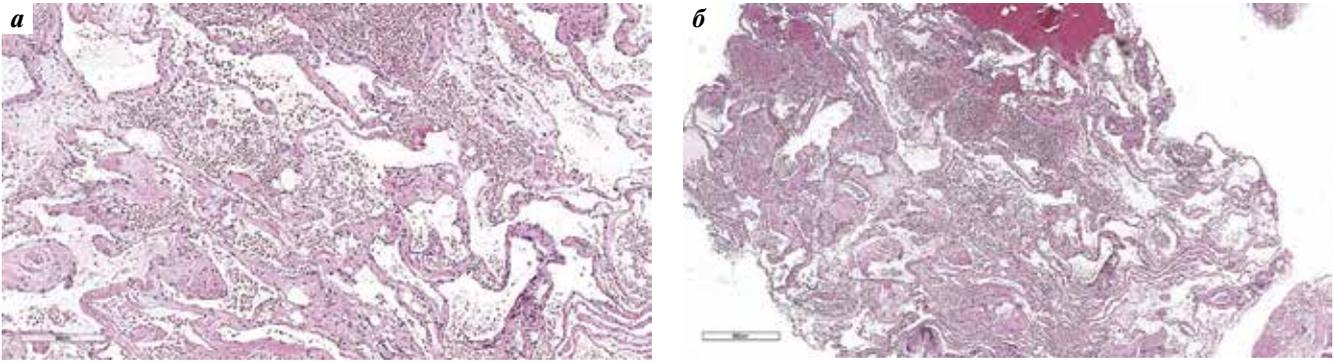
**Клинический пример.** Пациент С. поступил в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России с жалобами на выраженное двоение при взгляде в стороны. При осмотре офтальмолога выявлен парез отводящего нерва справа. При магнитно-резонансной томографии выявлено новообразование турецкого седла с распространением в правый кавернозный синус, которое было расценено как эндо-супра-латероселлярная опухоль гипофиза (рис. 1).

В ходе эндоскопической трансназальной операции была удалена меньшая часть образования. Часть, плотно сраставшаяся с внутренней сонной артерией, оставлена.



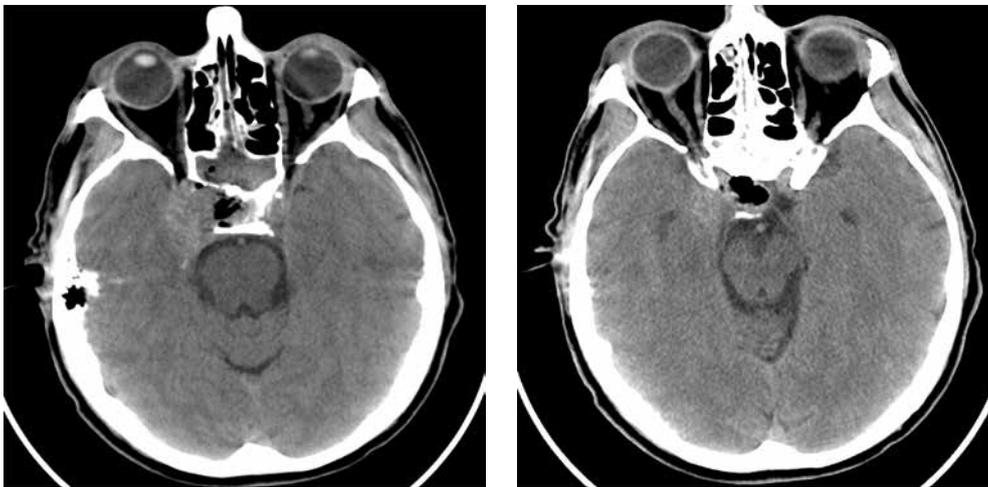
**Рис. 1.** Магнитно-резонансная томография пациента С. до операции. В режиме T1 образование дает изоинтенсивный однородный сигнал. В режимах T2 и FLAIR сигнал гиперинтенсивный и также однородный. Накопление контрастного вещества неравномерное

**Fig. 1.** Magnetic resonance imaging of patient S. prior to surgery. In T1-weighted images, the lesion has homogeneous isointense signal. In T2-weighted and FLAIR images, the signal is hyperintense and also homogeneous. Contrast agent accumulation is inhomogeneous



**Рис. 2.** Гистологический препарат. Окраска гематоксилином и эозином,  $\times 400$  (а),  $\times 300$  (б). При микроскопическом исследовании визуализируются фрагменты, представленные комплексом сосудистых полостей различного кровенаполнения; полости имеют эндотелиальную выстилку, отделены друг от друга соединительнотканными перегородками

**Fig. 2.** Histological slide. Hematoxylin and eosin staining,  $\times 400$  (a),  $\times 300$  (b). Microscopic examination shows fragments represented by a complex of vascular cavities with varying blood content; the cavities have endothelial lining, are separated by connective tissue partitions



**Рис. 3.** Компьютерная томография пациента С. сразу после операции. Частичное удаление образования

**Fig. 3.** Computed tomography of patient S. immediately after surgery. Partial resection of the lesion

В послеоперационном периоде неврологический статус оставался без динамики. Осложнений не было.

При гистологическом исследовании визуализировались фрагменты, представленные комплексом сосудистых полостей различного кровенаполнения с эндотелиальной выстилкой, отделенных друг от друга соединительнотканными перегородками (рис. 2).

При контрольной компьютерной томографии осложнения не выявлены (рис. 3). Пациент в удовлетворительном состоянии выписан и направлен на радиохирургическое лечение.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Выявление каверном в области кавернозного синуса происходит достаточно редко (не более 3 % всех случаев образований кавернозного синуса), что обуславливает возможность неверной предоперационной диагностики [1, 6, 10]. Клиническая картина неспецифична и идентична таковой при любом объемном про-

цессе этой локализации [2, 9, 10, 13–15]. В нашей серии наблюдений (как и по данным литературы) наиболее частой причиной обращения к врачу стало двоение, вызванное поражением отводящего и/или глазодвигательного нервов. Ни в одном из случаев нами не была заподозрена кавернома. Предоперационными диагнозами были менингиома или аденома гипофиза. По данным литературы, в среднем в 70 % случаев [1, 10] перед операцией удается поставить правильный диагноз по таким характерным признакам, как гипо-/изоинтенсивный сигнал от образования в T1-режиме и гиперинтенсивный в T2-режиме, выраженный гиперинтенсивный сигнал в режиме FLAIR, а также неравномерное накопление контрастного вещества [3, 14, 16, 17]. Для более точной постановки диагноза применяют ангиографическое исследование (компьютерную томографическую или церебральную ангиографию) [2, 3, 18]. В большинстве случаев удастся выявить заполнение контрастным веществом

полостей кавернозной мальформации, повышенный коэффициент перфузии, источники кровоснабжения. Дифференциальная диагностика проводится с менингиомой, аденомой гипофиза, хордомой, невриномой [2, 19–22].

При дифференциальной диагностике основной патологией хиазмально-селлярной области, которую можно спутать с кавернозой по рентгенологическим признакам, по сообщениям авторов и нашему опыту, является менингиома [1, 20]. L. Bugnoni и соавт. сообщили об эффективности скинтиграфии с мечеными  $^{99m}\text{Tc}$  эритроцитами ( $^{99m}\text{Tc}$  RBC scintigraphy) [23], которая отображает типичное для каверном несоответствие перфузионного пула крови с накоплением эритроцитов в образовании кавернозного синуса. Указанный метод обладает 100 % чувствительностью и специфичностью 88,9 % в рамках диагностики каверном. Таким образом, применяя эту методику, можно исключать вероятность наличия менингиомы, что позволяет направлять пациентов напрямую на радиохирургическое лечение. При отсутствии возможности проведения подобного исследования без достаточного опыта ошибочных диагнозов избежать не удастся.

В связи с редкостью патологии единый общепринятый подход к лечению таких пациентов отсутствует (табл. 2). С учетом высокой эффективности радиохирургического лечения оптимальной тактикой представляется диагностика по рентгенологическим данным и радиохирургическое лечение.

Для морфологического подтверждения диагноза в случаях неоднозначности рентгенологической диагностики требуется выполнить биопсию или удаление каверномы. Применяют открытые и эндоскопические вмешательства. Интраоперационно становится ясно, что опухоль является сосудистой, и ввиду плотности образования, а также выраженной спаянности с окружающими структурами вмешательство ограничивается частичным или субтотальным удалением [5, 9, 10]. Стоит отметить, что, по данным литературы, при транскраниальных доступах удалить новообразование тотально удается чаще, нежели при использовании эндоскопического трансназального подхода (см. табл. 2). Среди транскраниальных доступов чаще всего используют фронтотемпоральный или орбитозигматический доступы с экстрадуральным или интрадуральным подходами. Учитывая направление транскраниальных доступов от латеральных отделов кавернозного синуса к медиальным, существует риск увеличения вероятности усугубления неврологической симптоматики. Также многие авторы отмечают выраженное кровотечение при удалении каверномы, что может приводить к дестабилизации состояния пациента, необходимости нахождения его в отделении реанимации и, соответственно, повышать риски развития послеоперационных осложнений.

В литературе мы нашли сообщения о 12 случаях применения эндоскопического трансназального доступа при лечении пациентов с данной патологией [5, 8, 11–13, 19–21]. Явными преимуществами трансназальной хирургии являются меньшая травматизация и возможность получить гистологический материал без необходимости прохождения через черепные нервы в ходе доступа к образованию. Справляться с кровотечением из кавернозной ангиомы при эндоскопическом трансназальном вмешательстве позволяют современные гемостатические материалы, и, по нашему мнению, это не является ограничением применения данного доступа. Радикальное удаление эндоскопическим трансназальным доступом не представлено в литературе, и в нашей серии наблюдений его также не удалось добиться ни в одном случае. Тем не менее частота радикального удаления и при открытой хирургии невысока, что с учетом необходимости радиохирургического лечения во всех случаях нерадикального удаления нивелирует это преимущество открытой хирургии [2, 11].

При радиохирургическом лечении регресс симптоматики наблюдается минимум через 3 мес у 2/3 пациентов. Ухудшение неврологического статуса на фоне облучения не описано ни в одной работе, несмотря на теоретически существующий риск кровоизлияния, однако сообщается об отдаленных осложнениях в виде неврита зрительного нерва, демиелинизирующих процессов, кровоизлияния в каверному [4, 22, 24].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав ряд работ, а также собственную серию наблюдений, мы обнаружили, что транскраниальный доступ чаще обеспечивает радикальное удаление образования, однако с учетом травматичности подобной хирургии и необходимости лучевого лечения в большинстве случаев выбор транскраниального доступа не всегда целесообразен. При неполном удалении образования всех пациентов с каверномами кавернозного синуса, интактных и прооперированных, следует направлять на радиохирургическое лечение, что в случае верной предоперационной диагностики в совокупности с невысоким шансом радикального удаления позволяет исключить хирургический этап лечения. При ошибочной предоперационной диагностике и выполнении хирургического лечения решение о радикальности удаления следует принимать в каждой ситуации индивидуально, в зависимости от локализации, объема каверномы, интраоперационного кровотечения, взаимоотношения с критически важными структурами. Эндоскопический трансназальный доступ позволяет выполнить частичное или субтотальное удаление образования без риска травмы черепных нервов и с минимальной травмой мягких тканей, что положительно сказывается на послеоперационном периоде пациентов.

**Таблица 2.** *Мировой опыт лечения пациентов с каверномами кавернозного синуса*  
Table 2. *Worldwide experience in treatment of patients with cavernomas of the cavernous sinus*

Авторы, год Authors, year	Число пациентов Number of patients	Методы лечения (число случаев) Treatment methods (number of cases)				Объем резекции (число случаев) Resection volume (number of cases)			Средний объем после РХ, % Mean volume after RS, %	
		РХ RS	ТУ TR	ЭУ ER	ТУ + РХ TR + RS	ЭУ + РХ ER + RS	Тотальная Total	Субтотальная Subtotal		Частичная Partial
A. Suri и соавт., 2007 [7] A. Suri et al., 2007 [7]	7		7				6		1	
У.-Н. Yin и соавт., 2013 [9] Y.-H. Yin et al., 2013 [9]	22		22				13	8	1	
З.-Н. Li и соавт., 2019 [5] Z.-H. Li et al., 2019 [5]	47		43	4			23	14	6	
Л.-F. Zhou и соавт., 2003 [10] L.-F. Zhou et al., 2003 [10]	20		20				12	8		
Х. Wang и соавт., 2012 [2] X. Wang et al., 2012 [2]	14	14								23
У. Wang и соавт., 2016 [16] Y. Wang et al., 2016 [16]	34	34								28
З. Xin и соавт., 2020 [25] Z. Xin et al., 2020 [25]	54	54								17
Х. Tang и соавт., 2015 [8] X. Tang et al., 2015 [8]	53	36			15			17		39,8
S. Bansal и соавт., 2014 [1] S. Bansal et al., 2014 [1]	22	8	13		1		12	1	1	
P. Li и соавт., 2012 [4] P. Li et al., 2012 [4]	16	12			4					37,5
F. Montoya и соавт., 2021 [3] F. Montoya et al., 2021 [3]	12	2	3		2			1	4	
D. Noblett и соавт., 2018 [11] D. Noblett et al., 2018 [11]	2				1				2	
S. Das и соавт., 2018 [19] S. Das et al., 2018 [19]	2			2				2		
A. Akammar и соавт., 2021 [13] A. Akammar et al., 2021 [13]	1			1				1		
D. Ibrahim и соавт., 2019 [26] D. Ibrahim et al., 2019 [26]	1		1						1	
Z.I. Hasiloglu и соавт., 2013 [20] Z.I. Hasiloglu et al., 2013 [20]	1			1					1	
L. Schwyzer и соавт., 2017 [22] L. Schwyzer et al., 2017 [22]	1	1								
S. Hori и соавт., 2010 [21] S. Hori et al., 2010 [21]	1							1		
<b>Всего случаев</b> <i>Total number of cases</i>	<b>310</b>	<b>161</b>	<b>109</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>66</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	

**Примечание.** РХ – радиохирургическое лечение; ТУ – транскраниальное удаление; ЭУ – эндоскопическое удаление.

Note. RS – radiosurgical treatment; TR – transcranial resection; ER – endoscopic resection.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Bansal S., Suri A., Singh M. et al. Cavernous sinus hemangioma: a fourteen year single institution experience. *J Clin Neurosci* 2014;21(6):968–74. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.09.008
- Wang X., Mei G., Liu X. et al. The role of stereotactic radiosurgery in cavernous sinus hemangiomas: a systematic review and meta-analysis. *J Neurooncol* 2012;107(2):239–45. DOI: 10.1007/s11060-011-0753-8
- Montoya F., Vidal A., Sepulveda F. et al. Cavernous sinus hemangioma: imaging diagnosis and surgical considerations. *World Neurosurg* 2021;146:e30–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.09.153
- Li P., Ren H., Zhang S., Wang W. Clinical results of Gamma Knife surgery for cavernous sinus hemangiomas. *J Neurosurg* 2012;117(Suppl):89–95. DOI: 10.3171/2012.7.GKS12992
- Li Z.-H., Wu Z., Zhang J.-T., Zhang L.-W. Surgical management and outcomes of cavernous sinus hemangiomas: a single-institution series of 47 patients. *World Neurosurg* 2019;122:e1181–94. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.015
- Simard J.M., Garcia-Bengochea F., Ballinger W.E. Jr. et al. Cavernous angioma: a review of 126 collected and 12 new clinical cases. *Neurosurgery* 1986;18(2):162–72. DOI: 10.1227/00006123-198602000-00008
- Suri A., Ahmad F.U., Mahapatra A.K. Extradural transcavernous approach to cavernous sinus hemangiomas. *Neurosurgery* 2007;60(3):483–8; discussion 488–9. DOI: 10.1227/01.NEU.0000255333.95532.13
- Tang X., Wu H., Wang B. et al. A new classification and clinical results of Gamma Knife radiosurgery for cavernous sinus hemangiomas: a report of 53 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 2015;157(6):961–9; discussion 969. DOI: 10.1007/s00701-015-2417-5
- Yin Y.-H., Yu X.-G., Xu B.-N. et al. Surgical management of large and giant cavernous sinus hemangiomas. *J Clin Neurosci* 2013;20(1):128–33. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.01.050
- Zhou L.-F., Mao Y., Chen L. Diagnosis and surgical treatment of cavernous sinus hemangiomas. *Surg Neurol* 2003;60(1):31–6; discussion 36–7. DOI: 10.1016/S0090-3019(03)00190-3
- Noblett D., Chang J., Toussi A. et al. Hemangioma of the cavernous sinus: a case series. *J Neurol Surg Rep* 2018;79(2):e26–30. DOI: 10.1055/s-0038-1641731
- Rubino F., Eichberg D.G., Shah A.H. et al. Is endoscopic resection a useful technique for a cavernous sinus sellar cavernoma? A case report and literature review. *Br J Neurosurg* 2021;1–8. Online ahead of print. DOI: 10.1080/02688697.2021.1958154
- Akammer A., Sekkat G., Kolani S. et al. Unusual cause of binocular diplopia: cavernous sinus hemangioma. *Radiol Case Reports* 2021;16(9):2605–8. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.06.042
- Gliemroth J., Missler U., Sepehrnia A. Cavernous angioma as a rare neuroradiologic finding in the cavernous sinus. *J Clin Neurosci* 2000;7(6):554–7. DOI: 10.1054/jocn.2000.0697
- Wang X., Liu X., Mei G. et al. Phase II study to assess the efficacy of hypofractionated stereotactic radiotherapy in patients with large cavernous sinus hemangiomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012;83(2):e223–30. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2011.12.051
- Wang Y., Li P., Zhang X.J. et al. Gamma Knife surgery for cavernous sinus hemangioma: a report of 32 cases. *World Neurosurg* 2016;94:18–25. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.06.094
- Shah R., Nadimpalli S. Key imaging characteristics for preoperative identification of cavernous sinus hemangioma. *Radiol Case Rep* 2015;10(1):1013. DOI: 10.2484/rcr.v10i1.1013
- Numaguchi Y., Kishikawa T., Fukui M. et al. Prolonged injection angiography for diagnosing intracranial cavernous hemangiomas. *Radiology* 1979;131(1):137–8. DOI: 10.1148/131.1.137
- Das S., Ang L.-C., Ramsay D. Intracellar cavernous hemangioma presenting as pituitary adenoma: a report of two cases and review of the literature. *Clin Neuropathol* 2018;37(2):64–7. DOI: 10.5414/NP301012
- Hasiloglu Z.I., Asik M., Kizilkilic O. et al. Cavernous hemangioma of the cavernous sinus misdiagnosed as a meningioma: a case report and MR imaging findings. *Clin Imaging* 2013;37(4):744–6. DOI: 10.1016/j.clinimag.2013.01.018
- Hori S., Hayashi N., Nomoto K. et al. Cavernous sinus cavernous hemangioma largely extending into the sella turcica and mimicking pituitary adenoma: case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2010;50(4):330–2. DOI: 10.2176/nmc.50.330
- Schwyzler L., Tuleasca C., Borruat F.-X. et al. Gamma Knife surgery for a hemangioma of the cavernous sinus in an adult: case report and short review of the literature. *Neurochirurgie* 2017;63(4):320–2. DOI: 10.1016/j.neuchi.2017.05.001
- Burroni L., Borsari G., Pichierri P. et al. Preoperative diagnosis of orbital cavernous hemangioma: a <sup>99m</sup>Tc-RBC SPECT study. *Clin Nucl Med* 2012;37(11):1041–6. DOI: 10.1097/RLU.0b013e318252d2ed
- Murphy R.K.J., Reynolds M.R., Mansur D.B., Smyth M.D. Gamma knife surgery for a hemangioma of the cavernous sinus in a child. *J Neurosurg Pediatr* 2013;11(1):74–8. DOI: 10.3171/2012.9.PEDS12213
- Xin Z., Yao Y., Chen G. et al. Fractionated radiation therapy for large and giant cavernous sinus hemangioma: a retrospective study. *Front Neurol* 2020;11:355. DOI: 10.3389/fneur.2020.00355
- Ibrahim D., El Fiki A., Hafez M., Saleem S. Report of a case of cavernous haemangioma of the cavernous sinus. *BJR Case Rep* 2019;5(4):20190031. DOI: 10.1259/bjrcr.20190031

**Вклад авторов**

А.Н. Шкарубо: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование текста статьи;  
 И.В. Чернов: разработка концепции и дизайна исследования, статистическая обработка данных, написание текста статьи;  
 А.А. Веселков: сбор и обработка материала, в том числе статистическая, написание текста статьи;  
 М.А. Кутин, Д.В. Фомичев, О.И. Шарипов: сбор и обработка материала;  
 Д.Н. Андреев, Д.С. Ким, А.Д. Донской, И.С. Клочкова: написание текста статьи;  
 М.Е. Синельников: статистическая обработка данных;  
 П.Л. Калинин: редактирование текста статьи.

**Authors' contribution**

A.N. Shkarubo: development of the concept and design of the study, editing of the article;  
 I.V. Chernov: development of the concept and design of the study, statistical data processing, article writing;  
 A.A. Veselkov: collection and processing of materials, including statistical processing, article writing;  
 M.A. Kutin, D.V. Fomichev, O.I. Sharipov: collection and processing of materials;  
 D.N. Andreev, D.S. Kim, A.D. Donskoy, I.S. Klochkova: article writing;  
 M.E. Sinelnikov: statistical data processing;  
 P.L. Kalinin: editing of the article.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

А.Н. Шкарубо / A.N. Shkarubo: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>

И.В. Чернов / I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>

А.А. Веселков / A.A. Veselkov: <https://orcid.org/0000-0003-2500-3403>

М.А. Кутин / M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>

Д.В. Фомичев / D.V. Fomichev: <https://orcid.org/0000-0002-5323-1000>

О.И. Шарипов / O.I. Sharipov: <https://orcid.org/0000-0003-3777-5662>

Д.Н. Андреев / D.N. Andreev: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>

Д.С. Ким / D.S. Kim: <https://orcid.org/0000-0003-2354-6930>

А.Д. Донской / A.D. Donskoy: <https://orcid.org/0000-0002-0719-5168>

И.С. Клочкова / I.S. Klochkova: <https://orcid.org/0000-0002-7440-4687>

П.Л. Калинин / P.L. Kalinin: <https://orcid.org/0000-0001-9333-9473>

**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.** Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.

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

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-34-40>

# ЭНДОВАСКУЛЯРНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С АНЕВРИЗМАМИ ОФТАЛЬМИЧЕСКОГО СЕКТОРА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

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

*Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 2*

**Контакты:** Василий Витальевич Бобинов [neuro.bobinov@yandex.ru](mailto:neuro.bobinov@yandex.ru)

**Цель исследования** – оценить ближайшие и отдаленные ангиографические результаты внутрисосудистой окклюзии аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии с использованием нереконструктивных методов лечения.

**Материалы и методы.** Проанализированы результаты эндоваскулярного лечения 75 пациентов с аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии, поступивших в нейрохирургическое отделение №3 РНХИ им. проф. А.Л. Поленова с 1 января 2013 г. по 31 декабря 2016 г.

**Результаты.** Из 75 аневризм радикально выключены из кровотока (тип А) 52 (69,3 %), субтотально (тип В) – 23 (30,7 %). При использовании изолированной окклюзии отделяемыми спиралями радикального результата удалось достигнуть в 13 (59,1 %) из 22 наблюдений, субтотальной окклюзии – в 9 (40,9 %). При баллон-ассистенции 39 (73,6 %) из 53 аневризм выключены из кровотока тотально, 14 (26,4 %) – субтотально. Ни в одном из наблюдений не была достигнута частичная окклюзия аневризмы (тип С). Из 10 наблюдений при контрольной ангиографии после изолированной окклюзии отделяемыми спиралями в 3 (30 %) случаях отмечено формирование рецидива, при этом в 2 (20 %) случаях потребовалось повторное оперативное вмешательство. По данным контрольной ангиографии, из 38 аневризм, при операциях на которых применялась баллон-ассистенция, 9 (23,7 %) рецидивировали, из них 6 (15,8 %) потребовали повторного оперативного вмешательства.

**Заключение.** Нереконструктивные оперативные вмешательства для окклюзии аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии по-прежнему остаются актуальным и эффективным методом лечения пациентов в остром периоде разрыва аневризмы и с отягощенным соматическим статусом, однако уступают по радикальности реконструктивным операциям в отдаленном периоде.

**Ключевые слова:** церебральная аневризма, офтальмический сегмент, эндоваскулярное лечение, окклюзия спиралями, баллон-ассистенция

**Для цитирования:** Бобинов В.В., Горощенко С.А., Коломин Е.Г. и др. Эндоваскулярное лечение пациентов с аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. Нейрохирургия 2024;26(1):34–40. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-34-40>

## Ophthalmic segment internal carotid artery aneurysms endovascular treatment

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

*V.L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Mayakovskogo St., Saint Petersburg 191014, Russia*

**Contacts:** Vasily Vitalyevich Bobinov [neuro.bobinov@yandex.ru](mailto:neuro.bobinov@yandex.ru)

**Aim.** To estimate the nearest and distant angiographic results of endovascular occlusion of aneurysms of the internal carotid artery ophthalmic segment using non-reconstructive treatment methods.

**Materials and methods.** The results of endovascular treatment of 75 patients with aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery admitted to the Neurosurgical Department No. 3 of the V.L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute, from January 1, 2013 to December 31, 2016 were analyzed.

**Results.** Of 75 aneurysms, 52 (69.3 %) were radically occluded from the blood flow (Type A) and 23 (30.7 %) were sub-totally (Type B). When isolated occlusion with detachable coils was used, radical result was achieved in 13 (59.1 %)

out of 22 cases, subtotal occlusion – in 9 (40.9 %). During balloon-assisted occlusion 39 (73.6 %) out of 53 aneurysms were shut off from the blood flow totally, 14 (26.4 %) – sub-totally. Partial aneurysm occlusion (Type C) was not achieved in any of the observations. Recurrence was observed in 3 (30 %) out of 10 cases on control angiography after isolated occlusion with detached spirals, and 2 (20 %) required repeated surgical intervention. From 38 aneurysms operated on using balloon-assistance, 9 (23,7 %) recurred on control angiography, 6 of them (15,8 %) required repeated surgical intervention.

**Conclusion.** Nonconstructive surgical interventions for occlusion of aneurysms of the internal carotid artery ophthalmic segment are still urgent and effective method of treatment of patients in acute period of aneurysm rupture combined with somatic status; however, they are inferior to reconstructive surgeries concerning radicality in the long-term period.

**Keywords:** cerebral aneurysm, ophthalmic segment, endovascular treatment, coiling, balloon assisted coiling

**For citation:** Bobinov V.V., Goroshchenko S.A., Kolomin E.G. et al. Ophthalmic segment internal carotid artery aneurysms endovascular treatment. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):34–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-34-40>

## ВВЕДЕНИЕ

Церебральные аневризмы представляют собой патологические локальные выпячивания стенки артерии и являются одной из основных причин внутричерепного кровоизлияния, чаще возникающего у лиц трудоспособного возраста [1]. Разрыв аневризмы – грозное осложнение аневризматической болезни, которое может привести к летальному исходу или выраженному неврологическому дефициту с отсутствием возможности социальной адаптации после кровоизлияния.

Современные клинико-диагностические возможности часто позволяют выявлять это заболевание еще до его манифестации и оказывать своевременную нейрохирургическую помощь в догеморрагическом периоде [2].

Среди различных вариантов локализации особое место занимают аневризмы офтальмического сегмента внутренней сонной артерии (ВСА), отличающиеся как особенностями клинического течения, так и сложностями диагностики и хирургического лечения (в том числе за счет отсутствия возможности проксимального контроля).

Аневризмами офтальмического сегмента принято считать те аневризмы, которые расположены на ВСА между устьями глазной и задней соединительной артерий [3]. Они составляют примерно 5 % всех случаев интракраниальных аневризм и сопряжены не только с риском внутричерепного кровоизлияния, но и со зрительными нарушениями, обусловленными как компрессией зрительного нерва аневризматическим мешком, так и тромбозом в глазную артерию [4, 5].

Из-за того что глазная артерия обычно отходит от ВСА непосредственно под латеральной частью зрительного нерва и далее через зрительный канал проникает в орбиту, во время операции устье этой артерии часто не удается визуализировать без резекции переднего наклоненного отростка, а также применения эндоскопической ассистенции либо контралатерального доступа. Кроме того, следует учитывать вариабельность топографии устья глазной артерии. Риск повреж-

дения зрительного нерва при микрохирургическом вмешательстве может объяснить высокую частоту нарушений зрения в послеоперационном периоде после таких вмешательств [3]. С внедрением в практику в начале 90-х годов XX в. методики окклюзии аневризм отделяемыми спиралями внутрисосудистые операции стали важным и широко используемым методом лечения этого вида цереброваскулярной патологии [6].

До повсеместного введения в клиническую практику эндоваскулярных методик лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями центральной нервной системы традиционно использовались 2 подхода – реконструктивный, при котором сохранялся просвет несущего аневризму сосуда, и деконструктивный, когда просвет сосуда перекрывался вместе с аневризмой [7]. При этом нерадикальное микрохирургическое клипирование, а также окутывание мешка аневризмы, несмотря на отсутствие достижения полного смыкания стенок артерии в области шейки аневризмы, также относили к реконструктивному подходу. Результаты крупных исследований, направленных на изучение этиологии и патогенеза формирования церебральных аневризм, указывают лишь на провоцирующую роль гемодинамического удара на стенку артерии, который инициирует каскад биохимических и клеточных процессов, направленных либо на восстановление разрушенного коллагена в стенке артерии, либо на его дальнейшее разрушение и формирование аневризмы. При этом отмечается, что точкой приложения всех этих реакций является зона перехода стенки артерии в аневризму – ее шейка, что определяет не только анатомическую, но и патогенетическую потребность в реконструкции несущего аневризму сосуда [8].

Современный этап развития хирургического лечения аневризм предполагает стремление к выполнению реконструктивного подхода к выключению аневризм как при микрохирургическом, так и при эндоваскулярном способе лечения. Микрохирургическое лечение церебральных аневризм направлено на достижение полноценного клипирования шейки аневризмы

и реконструкцию несущего аневризму сосуда, в том числе с использованием техник создания различных видов микроанастомозов [9].

Аналогичная ситуация происходит и при эндоваскулярном подходе. При использовании различных видов внутрианевризматических устройств (баллонов, отделяемых спиралей, сферических металлических имплантатов) достигается выключение аневризмы из кровотока с различной радикальностью, однако при этом не происходит полного смыкания стенки артерии в зоне расположения шейки аневризмы, в итоге сохраняется контакт этой зоны с кровотоком и на фоне продолжающегося гемодинамического удара активизируется биохимический каскад, запускающий процесс дальнейшего роста аневризмы [10].

На основании вышесказанного целесообразно выделить отдельный нереконструктивный подхода к лечению церебральных аневризм, при котором не происходит полноценного выключения шейки аневризмы, а достигается выключение только мешка аневризмы без реконструкции несущей аневризму артерии (как при микрохирургическом, так и при эндоваскулярном лечении), в то время как при реконструктивном подходе помимо окклюзии аневризматического мешка осуществляется ремоделирование дефекта артериальной стенки в области шейки аневризмы, который либо перекрывается ассистирующим или потокотклоняющим стентом с полным восстановлением просвета несущего аневризму сосуда, либо устраняется при помощи микрохирургической техники [11].

**Цель исследования** – оценить ближайшие и отдаленные ангиографические результаты внутрисосудистой окклюзии аневризм офтальмического сегмента ВСА с использованием нереконструктивных методов эндоваскулярного лечения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе ближайших и отдаленных результатов нереконструктивного эндоваскулярного лечения 75 пациентов с аневризмами офтальмического сегмента ВСА в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова – филиале НМИЦ им. В.А. Алмазова за 4 года (с 1 января 2013 г. по 31 декабря 2016 г.).

Критериями включения в исследование были наличие аневризмы офтальмического сегмента и выполнение эндоваскулярного оперативного вмешательства без использования реконструктивных методик, а также отсутствие предшествующего оперативного лечения на данной аневризме. В анализ включены 2 группы пациентов, оперированных в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова по поводу аневризм офтальмического сегмента ВСА:

- пациенты, оперированные с использованием методики изолированной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями ( $n = 22$ );

- пациенты, оперированные с применением баллонной ассистенции при окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями ( $n = 53$ ).

В подавляющем большинстве случаев (98,7 %) пациенты госпитализированы в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова в плановом порядке для хирургического лечения. Всем пациентам при поступлении проводили клиническое обследование и неврологический осмотр.

При анализе данных спиральной компьютерной томографической ангиографии и церебральной ангиографии оценивали размеры аневризмы и ее шейки, форму (мешотчатая, фузиформная), наличие дивертикулов, степень вовлеченности глазной артерии в структуру аневризмы.

Выбор метода эндоваскулярного оперативного вмешательства осуществлялся исходя из анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризмы, а также с учетом периода течения аневризматической болезни, наличия и степени выраженности сопутствующей патологии, в том числе с необходимостью ее хирургического лечения.

Перед выпиской из стационара оценивали функциональные исходы после оперативного лечения по шкале исходов Глазго.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы особенности клинической картины, результаты инструментального обследования и эндоваскулярного лечения 75 пациентов с аневризмами офтальмического сегмента ВСА, оперированных в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова за 4 года (с 1 января 2013 г. по 31 декабря 2016 г.).

### Клинико-инструментальная картина

Пациенты с аневризмами офтальмического сегмента: мужчины – 16 (21,3 %), женщины – 59 (78,7 %). Возраст – от 23 до 77 лет (медиана – 46 лет).

В 98,7 % ( $n = 74$ ) случаев пациенты были госпитализированы в стационар в плановом порядке, в 1,3 % ( $n = 1$ ) – в экстренном. При этом у 9,3 % ( $n = 7$ ) пациентов аневризма проявила себя внутричерепным кровоизлиянием, у 8 % ( $n = 6$ ) – зрительными нарушениями и у 1,3 % ( $n = 1$ ) – ишемическим инсультом, обусловленным тромбозом из мешка аневризмы. У 81,4 % пациентов аневризмы носили асимптомный характер и были выявлены случайно.

### Анатомо-топографические особенности и морфометрические характеристики аневризм офтальмического сегмента

**Локализация.** К аневризмам офтальмического сегмента мы относили те аневризмы, шейка которых располагалась в промежутке от устья глазной артерии до устья задней соединительной артерии. В данной выборке представлены аневризмы только мешотчатой

формы без инкорпорирования устья глазной артерии в ее структуру.

**Размеры.** Оценку размеров аневризмы осуществляли по результатам интраоперационной церебральной ангиографии: проводили замеры максимальной ширины и высоты аневризмы, размеров ее шейки. Согласно полученным данным аневризмы были разделены на миллиарные (до 3 мм) – 1,3 % ( $n = 1$ ), обычного размера (3–15 мм) – 80 % ( $n = 60$ ) и крупные (15–25 мм) – 18,7 % ( $n = 14$ ). Аневризм гигантского размера в данной выборке не оказалось. В 13,3 % ( $n = 10$ ) случаев на мешке аневризмы отмечалось наличие дивертикулов, при этом 4 аневризмы были крупного размера, а 6 – обычного. Размеры шейки аневризмы находились в диапазоне от 2,1 до 9,3 мм (медиана – 4,1 мм).

### Эндоваскулярное лечение

Все оперативные вмешательства проводились под общей анестезией в условиях рентген-операционной на двухпроекционном ангиографе. Первым этапом внутрисосудистого вмешательства была селективная церебральная панангиография в стандартных проекциях. После этого осуществлялась 3D-ротационная ангиография для оценки размеров, формы аневризмы, наличия вовлеченности глазной артерии в шейку или тело аневризмы.

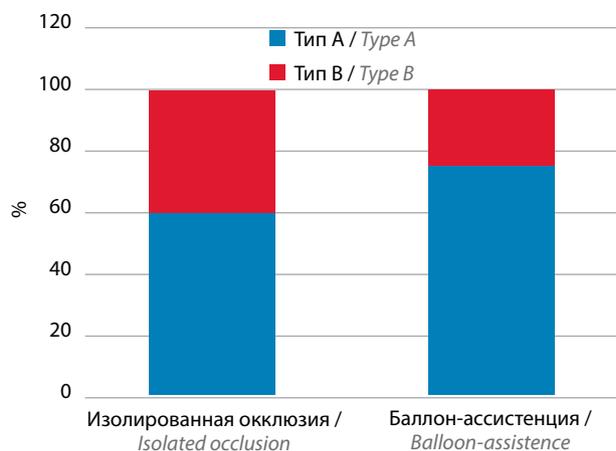
Выбор тактики эндоваскулярного вмешательства основывался на морфометрических характеристиках аневризмы, оценке возможности достижения радикальной окклюзии аневризмы без имплантации ассистирующего либо потокотклоняющего стента, наличия и степени выраженности сопутствующей патологии. Из 75 пациентов 22 были оперированы с использованием только отделяемых спиралей, в 53 случаях потребовалась ассистенция баллоном.

### Оценка первичных и отдаленных ангиографических результатов

При анализе ангиограмм, выполненных в конце оперативного лечения и в отдаленном периоде, оценивали радикальность выключения аневризмы из кровотока, отсутствие провисания витков спиралей в просвет сосуда. Степень окклюзии аневризмы определяли по классификации Raymond–Roy (2006).

Из 75 аневризм 52 (69,3 %) были радикально выключены из кровотока (тип А), субтотально (тип В) – 23 (30,7 %). При использовании изолированной окклюзии отделяемыми спиральями радикального результата удалось достигнуть в 13 (59,1 %) из 22 наблюдений, субтотальной окклюзии – в 9 (40,9 %). При баллон-ассистенции 39 (73,6 %) из 53 аневризм выключены из кровотока тотально, 14 (26,4 %) – субтотально. Ни в одном из наблюдений не была достигнута частичная окклюзия аневризмы (тип С) (см. рисунок).

Отдаленными мы считали результаты контрольного ангиографического исследования, выполненного



Первичная радикальность окклюзии церебральных аневризм по классификации Raymond–Roy (2006)

Primary radicality of cerebral aneurysm occlusion according to Raymond–Roy classification (2006)

не ранее 6 мес после проведенного оперативного лечения. Из 75 наблюдений отдаленный ангиографический результат отслежен у 48 (64 %) пациентов, из них 10 пациентов – после изолированной окклюзии отделяемыми спиральями, 38 – после баллон-ассистенции.

Из 10 наблюдений при контрольной ангиографии после изолированной окклюзии отделяемыми спиральями в 3 (30 %) случаях отмечено формирование рецидива, при этом в 2 (20 %) случаях потребовалось повторное оперативное вмешательство. Из 38 аневризм, при операциях на которых применялась баллон-ассистенция, по данным контрольной ангиографии 9 (23,7 %) рецидивировали, из них 6 (15,8 %) потребовали повторного оперативного вмешательства.

Во всех случаях необходимости повторного оперативного лечения проводилась реконструкция несущей аневризму артерии потокотклоняющим стентом.

### Ближайшие и отдаленные клинические исходы

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

Семьдесят четыре пациента были выписаны в удовлетворительном состоянии, без нарастания очагового неврологического дефицита, 1 пациент – с умеренным дефицитом, потребовавшим в дальнейшем длительного реабилитационного лечения.

В 2 (2,7 %) из 75 наблюдений отмечено развитие интраоперационных осложнений, представленных в первом случае кровоизлиянием – наблюдалась перфорация мешка аневризмы витками спирали, во втором – тромбозомболией из мешка аневризмы в среднюю мозговую артерию, что потребовало проведения тромбэкстракции, которая завершилась полным восстановлением просвета артерии. Других осложнений в нашей серии наблюдений выявлено не было.

Отдаленные клинические исходы также были отслежены у 48 (64 %) из 75 пациентов. В 2 (4,2 %) наблюдениях за счет формирования рецидива аневризмы и роста аневризматического мешка на фоне прогрессирования компрессии зрительного нерва отмечено нарастание зрительных нарушений.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Нереконструктивные эндоваскулярные оперативные вмешательства при лечении пациентов с церебральными аневризмами достаточно часто выполняются в стационарах, оказывающих экстренную медицинскую помощь, в частности осуществляется внутрисосудистая окклюзия церебральных аневризм при их разрыве [12]. Это объяснимо как наличием рисков назначения двойной дезагрегантной терапии в остром периоде кровоизлияния, так и с экономической точки зрения [13]. Кроме того, до сих пор нет единого мнения о безопасности, возможности и сроках назначения двойной дезагрегантной терапии при лечении церебральной аневризмы в остром периоде ее разрыва [14].

Результаты крупных рандомизированных исследований (ISAT, BRAT, CARAT), направленных на изучение эффективности эндоваскулярных методик окклюзии церебральных аневризм в остром периоде их разрыва, продемонстрировали лучшие клинические исходы при данном подходе по сравнению с микрохирургическим, однако радикальность окклюзии в отдаленном периоде была существенно ниже, что потребовало повторных оперативных вмешательств [15–17].

Использование баллон-ассистенции в ряде случаев помогает достигнуть стабильного положения микрокатетера в просвете артерии (за счет использования длинных баллонов) и полости аневризмы, а также предотвратить миграцию витков спирали в просвет артерии (что особенно актуально для аневризм, расположенных в офтальмическом сегменте ВСА, анатомические изгибы которого часто создают большие трудности как для катетеризации аневризмы, так и для заведения отделяемых спиралей) и тем самым позволяет достигнуть более плотной упаковки аневризмы спиралями [18].

Современное развитие эндоваскулярных технологий лечения пациентов с церебральными аневризмами предполагает реконструкцию несущей аневризму артерии путем имплантации стента (как ассистирующего, так и потокотклоняющего), что подразумевает обя-

зательное назначение двойной дезагрегантной терапии на длительный срок.

Тем не менее, несмотря на постепенный переход к реконструктивному подходу в эндоваскулярном лечении пациентов с церебральными аневризмами, существует определенная категория пациентов, у которых имплантация стента невозможна по причине наличия противопоказаний к назначению и длительному приему двойной дезагрегантной терапии. К ним относятся пациенты с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, инфицированные вирусом иммунодефицита человека и принимающие антиретровирусную терапию, с заболеваниями крови (тромбоцитоз, тромбоцитопения), аспириновой бронхиальной астмой, а также онкологическими и иными заболеваниями, требующими в ближайшем будущем хирургической коррекции [13, 18].

Следует также обратить внимание на отсутствие приверженности к регулярному приему дезагрегантной терапии, необходимой после установки интракраниального стента, у больных с измененным когнитивным статусом (деменция, хроническая интоксикация алкоголем и его суррогатами, наркотическими препаратами), что может привести к развитию тромбоза стента, тромбоэмболических и ишемических осложнений в послеоперационном периоде [14, 19, 20].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструктивные методы эндоваскулярных вмешательств (с использованием ассистирующего или потокотклоняющего стента) являются перспективными и приоритетными методами лечения церебральных аневризм, особенно аневризм офтальмического сегмента ВСА. Тем не менее для определенной группы пациентов с противопоказаниями к имплантации стента и при отсутствии возможности микрохирургического клипирования аневризмы единственно возможным методом лечения остается окклюзия аневризмы отделяемыми спиралями, в том числе с использованием баллон-ассистенции.

Нереконструктивные оперативные вмешательства для окклюзии аневризм офтальмического сегмента ВСА по-прежнему остаются актуальным и эффективным методом лечения пациентов в остром периоде разрыва аневризмы и с отягощенным соматическим статусом, однако уступают по радикальности реконструктивным операциям в отдаленном периоде.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Toma N. Anatomy of the ophthalmic artery: embryological consideration. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2016;56(10):585–91. DOI: 10.2176/nmc.ra.2015-0324
2. Bouthillier A., van Loveren H.R., Keller J.T. Segments of the internal carotid artery: a new classification. *Neurosurgery* 1996;38(3):425–32; discussion 432–3. DOI: 10.1097/00006123-199603000-00001
3. Day A.L. Aneurysms of the ophthalmic segment. A clinical and anatomical analysis. *J Neurosurg* 1990;72(5):677–91. DOI: 10.3171/jns.1990.72.5.0677
4. Gibo H., Lenkey C., Rhoton A.L. Jr. Microsurgical anatomy of the supraclinoid portion of the internal carotid artery. *J Neurosurg* 1981;55(4):560–74. DOI: 10.3171/jns.1981.55.4.0560
5. Durst C.R., Starke R.M., Gaughen J. et al. Vision outcomes and major complications after endovascular coil embolization of ophthalmic segment aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35(11):2140–5. DOI: 10.3174/ajnr.A4032
6. Kanagalingam S., Gailloud P., Tamargo R.J. et al. Visual sequelae after consensus-based treatment of ophthalmic artery segment aneurysms: the Johns Hopkins experience. *J Neuroophthalmol* 2012;32(1):27–32. DOI: 10.1097/WNO.0b013e31823b6c60
7. Арустамян С.Р., Яковлев С.Б., Шахнович А.Р. и др. Результаты деконструктивных эндоваскулярных операций при лечении крупных и гигантских интракраниальных аневризм. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2016;80(5): 22–31. DOI: 10.17116/neiro201680522-31  
Arustamyan S.R., Yakovlev S.B., Shakhnovich A.R. et al. Results of deconstructive endovascular surgery in treatment of large and giant intracranial aneurysms. *Zhurnal Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2016;80(5):22–31. (In Russ., In Engl.). DOI: 10.17116/neiro201680522-31
8. Рожченко Л.В., Бобинов В.В., Горощенко С.А. и др. Клеточные, генетические и эпигенетические механизмы роста церебральных аневризм. Современные проблемы науки и образования 2021;2. DOI: 10.17513/spno.30560  
Rozhchenko L.V., Bobinov V.V., Goroshchenko S.A. et al. Cellular, genetic and epigenetic mechanisms of cerebral aneurysm growth. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education* 2021;2. (In Russ.). DOI: 10.17513/spno.30560
9. Lejeune J.P., Thines L., Proust F. et al. Selective microsurgical treatment of giant intracranial aneurysms. *Neurochirurgie* 2016;62(1):30–7. DOI: 10.1016/j.neuchi.2015.12.001
10. Chalouhi N., Hoh B.L., Hasan D. Review of cerebral aneurysm formation, growth, and rupture. *Stroke* 2013;44(12):3613–22. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002390
11. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Горощенко С.А. и др. Развитие нереконструктивных методов внутрисосудистого лечения церебральных аневризм. Медицинский академический журнал 2022;1(3):105–14. DOI: 10.17816/MAJ108576  
Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. The evolution of non-reconstructive methods of endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Meditsinskii akademicheskii zhurnal = Medical academic journal* 2022;22(3):105–14. DOI: 10.17816/MAJ108576
12. Brinjikji W., Piano M., Fang S. et al. Treatment of ruptured complex and large/giant ruptured cerebral aneurysms by acute coiling followed by staged flow diversion. *J Neurosurgery* 2016;125(1):120–7. DOI: 10.3171/2015.6.JNS151038
13. Вязгина Е.М., Иванова Н.Е., Иванов А.Ю. и др. Двойная антиагрегантная терапия после установки интракраниальных стентов при аневризмах сосудов головного мозга. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова 2019;11(1):8–14.  
Vyazgina E.M., Ivanova N.E., Ivanov A.Yu. et al. Double antiagregant therapy after installation of intracranial stents for cerebral aneurysms. *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. prof. A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;11(1):8–14. (In Russ.).
14. Molyneux A.J., Birks J., Clarke A. et al. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Lancet* 2015;385(9969):691–7. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60975-2
15. Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M. et al. Ten-year analysis of saccular aneurysms in the Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg* 2019;132(3):771–6. DOI: 10.3171/2018.8.JNS181846
16. Elijovich L., Higashida R.T., Lawton M.T. et al. Predictors and outcomes of intraprocedural rupture in patients treated for ruptured intracranial aneurysms: the CARAT study. *Stroke* 2008;39(5):1501–6. DOI: 10.1161/STROKEAHA.107.504670
17. Moret J., Cognard C., Weill A. et al. The “remodelling technique” in the treatment of wide neck intracranial aneurysms. Angiographic results and clinical follow-up in 56 cases. *Interv Neuroradiol* 1997;3(1):21–35. DOI: 10.1177/159101999700300103
18. Рожченко Л.В., Иванов А.Ю., Дрягина Н.В. и др. Коррекция тромбоемболических осложнений при эндоваскулярных эмболизациях. Трансляционная медицина 2016;3(1):98–105. DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-1-98-105  
Rozhchenko L.V., Ivanov A.Yu., Dryagina N.V. et al. Correction of thromboembolic complications in endovascular embolization. *Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine* 2016;3(1):98–105. (In Russ.). DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-1-98-105
19. Берестов В.В., Орлов К.Ю., Кривошапкин А.Л. и др. Стент-ассистированная эмболизация церебральных аневризм в остром периоде разрыва. Сибирский научный медицинский журнал 2021;41(4):40–7. DOI: 10.18699/SSMJ20210405  
Berestov V.V., Orlov K.Yu., Krivoshapkin A.L. et al. Stent-assisted coiling of acute ruptured cerebral aneurysms. *Sibirskiy nauchnyy medicinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal* 2021;41(4):40–7. (In Russ.). DOI: 10.18699/SSMJ20210405
20. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Петров А.Е. и др. Ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения церебральных аневризм. Нейрохирургия 2023;25(2):10–19. 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. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):10–19. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19

**Вклад авторов**

В.В. Бобинов: разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, написание текста статьи;  
С.А. Горощенко, Е.Г. Коломин: редактирование текста статьи;  
Л.В. Рожченко, А.Е. Петров: разработка дизайна исследования, научное редактирование статьи;  
К.А. Самочерных: научное редактирование статьи.

**Author's contribution**

V.V. Bobinov: research design development, data collection and analysis, article writing;  
S.A. Goroshchenko, E.G. Kolomin: editing of the article;  
L.V. Rozhchenko, A.E. Petrov: research design development, scientific editing of the article;  
K. A. Samochnykh: scientific editing of the article.

**ORCID авторов / ORCID of authors:**

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The work 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 gave written informed consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 28.02.2023. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article submitted:** 28.02.2023. **Accepted for publication:** 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-41-53>

# РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСТРА-ИНТРАКРАНИАЛЬНОГО МИКРОХИРУРГИЧЕСКОГО АНАСТОМОЗА ПРИ СИМПТОМНОЙ ОККЛЮЗИИ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

Т.А. Кудряшова<sup>1</sup>, В.А. Лукьянчиков<sup>1-4</sup>, И.В. Сенько<sup>5</sup>, Н.А. Полунина<sup>2, 3</sup>, В.А. Далибалдян<sup>3</sup>, Г.К. Гусейнова<sup>3</sup>, Р.Ш. Муслимов<sup>3</sup>, В.В. Крылов<sup>2-4</sup>, А.А. Гринь<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Научно-клинический центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства»; Россия, 123182 Москва, Волоколамское шоссе, 30, корп. 2;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1;

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

<sup>4</sup>ФГБНУ «Научный центр неврологии»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80;

<sup>5</sup>ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» Федерального медико-биологического агентства; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 10

**Контакты:** Татьяна Александровна Кудряшова [anevrizma13@gmail.com](mailto:anevrizma13@gmail.com)

**Цель исследования** – оценить ближайшую и отдаленную эффективность экстра-интракраниального микрохирургического анастомоза (ЭИКМА) у пациентов с симптомной окклюзией внутренней сонной артерии (ВСА).

**Материалы и методы.** С 2016 по 2019 г. в отделении нейрохирургии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского обследованы 54 пациента, которым было выполнено формирование ЭИКМА на стороне симптомной окклюзии ВСА в период с 2013 по 2015 г. Симптомная окклюзия ВСА чаще имела место у мужчин, чем у женщин (соотношение 7:1). Возраст пациентов варьировал от 48 до 73 лет (средний возраст составил 62 года). При выполнении операции формирования ЭИКМА при симптомной окклюзии ВСА интраоперационно применяли флоуметрию у 52 (96 %) пациентов, у 2 (4 %) больных данный метод диагностики невозможно было выполнить по техническим причинам. Основными методами исследования в отдаленном периоде после ревазуляризации головного мозга были оценка динамики неврологического статуса по шкале NIHSS (шкала инсульта Национальных институтов здоровья США); модифицированная шкала Рэнкина; индекс мобильности Ривермид; компьютерно-томографическая ангиография экстра-интракраниальных артерий; ультразвуковое исследование (УЗИ) микрохирургического анастомоза, при котором оценивали линейные и объемные скорости кровотока; однофотонная эмиссионная компьютерная томография. Оценивали вид и размер трепанации, а также учитывали длительность операции.

Пациенты были разделены на 3 группы: в 1-ю группу входили пациенты со сроком наблюдения 1–2 года после ревазуляризации головного мозга, во 2-ю группу – 3–4 года, в 3-ю группу – 5–6 лет. Все полученные результаты сравнивали с показателями в предоперационном, раннем послеоперационном и отдаленном периодах.

**Результаты.** В отдаленном послеоперационном периоде в сроки от 1 до 6 лет после ревазуляризации головного мозга обследовали 54 пациента. По данным компьютерно-томографической ангиографии и УЗИ микрохирургический анастомоз функционировал у 53 (98 %) больных. По результатам однофотонной эмиссионной компьютерной томографии головного мозга регионарный мозговой кровоток в отдаленном послеоперационном периоде варьировал от 28 до 40 мл/100 г/мин. Медиана регионарного мозгового кровотока в отдаленном послеоперационном периоде составила 38 мл/100 г/мин. Интраоперационную флоуметрию выполняли 52 (96 %) пациентам, медиана показателя составила 15,5 мл/мин. По результатам УЗИ линейная скорость кровотока по микрохирургическому анастомозу варьировала от 20 до 95 см/с, медиана 49 см/с. Показатели объемного кровотока варьировали от 30 до 85 мл/мин, медиана 75 мл/мин. Резекционная трепанация черепа была выполнена у 36 (67 %) пациентов, среднее значение размера трепанационного отверстия в диаметре составило 3 см<sup>3</sup>. В исследовании оценивали время проведения оперативного вмешательства: среднее значение составило 212 мин; не было получено достоверной корреляции между временем проведения операции и размером трепанации черепа.

Улучшение неврологического статуса в динамике было отмечено во всех группах наблюдения. По шкале NIHSS в 1-й группе (1–2 года) улучшение зафиксировано у 59 % пациентов, во 2-й группе (3–4 года) – у 48 %, в 3-й группе

(5–6 лет) – у 47 %. По модифицированной шкале Рэнкина в 1-й группе улучшение наблюдали у 36,4 % пациентов, во 2-й группе – у 48 %, в 3-й группе – у 42,9 %. На основании индекса мобильности Ривермид в 1-й группе улучшение отмечено у 63,3 % пациентов, во 2-й группе – у 56 %, в 3-й группе – у 57,1 %. Наилучшие показатели были отмечены в 1-й группе наблюдения (63,3 %).

**Заключение.** На основании данных инструментальных методов исследования и оценки неврологического статуса у пациентов отмечена положительная динамика как в послеоперационном периоде, так и в отдаленном периоде наблюдения в сроки от 1 до 6 лет после наложения ЭИКМА. В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов не было зафиксировано повторных нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу и повторных транзиторных ишемических атак. Корректный отбор больных в предоперационном периоде и комплексное лечение, включающее медикаментозную терапию, в послеоперационном и отдаленном периодах позволяют предотвратить повторные нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу и таким образом улучшить качество жизни прооперированных пациентов.

**Ключевые слова:** окклюзия внутренней сонной артерии, ревазуляризация головного мозга, экстра-интракраниальный микроанастомоз, отдаленный послеоперационный период

**Для цитирования:** Кудряшова Т.А., Лукьянчиков В.А., Сенько И.В. и др. Результаты лечения больных в отдаленном периоде после формирования экстра-интракраниального микрохирургического анастомоза при симптомной окклюзии внутренней сонной артерии. Нейрохирургия 2024;26(1):41–53. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-41-53>

## Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery

T.A. Kudryashova<sup>1</sup>, V.A. Lukyanchikov<sup>1-4</sup>, I.V. Senko<sup>5</sup>, N.A. Polunina<sup>2,3</sup>, V.A. Dalibaldyan<sup>3</sup>, G.K. Guseynova<sup>3</sup>, R.Sh. Muslimov<sup>3</sup>, V.V. Krylov<sup>2-4</sup>, A.A. Grin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Clinical Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; Bld. 2, 30 Volokolamskoye Shosse, Moscow 123182, Russia;

<sup>2</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

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

<sup>4</sup>Research Center of Neurology; 80, Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;

<sup>5</sup>Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Bld. 10, 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

**Contacts:** Tatiana Alexandrovna Kudryashova [anevrima13@gmail.com](mailto:anevrima13@gmail.com)

**Aim.** To evaluate short- and long-term effectiveness of low-flow bypass between superficial temporal artery and M4 segment of middle cerebral artery (low-flow STA-MCA bypass) in patients with symptomatic occlusion of the internal carotid artery (ICA).

**Materials and methods.** Between 2016 and 2019 at the Department of Neurosurgery of the N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 54 patients who underwent low-flow STA-MCA bypass formation at the side of symptomatic ICA occlusion between 2013 and 2015 were examined. Symptomatic ICA occlusion was more common in men than in women (7:1 ratio). Patient age varied between 48 and 73 years (mean age was 62 years).

During low-flow STA-MCA bypass formation surgery for symptomatic ICA occlusion, intraoperative flowmetry was used in 52 (96 %) patients, in 2 (4 %) patients this diagnostic method was impossible to perform due to technical difficulties. The main examination methods in the long term after cerebral revascularization were evaluation of neurological status dynamics per the National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS); modified Rankin scale; Rivermead mobility index; computed tomography angiography of the extra-intracranial arteries; ultrasound (US) examination of the STA-MCA bypass for evaluation of linear and volumetric blood flow velocities; single-photon emission computed tomography. The type and size of trephination were evaluated, and operative time was taken into account.

The patients were divided into 3 groups: group 1 included patients with follow-up period of 1–2 years after cerebral revascularization, group 2 – 3–4 years, group 3 – 5–6 years. All results were compared to preoperative, early, and long-term measurements.

**Results.** In the long-term postoperative period between 1 and 6 years after cerebral revascularization, 54 patients were examined. Computed tomography angiography and US showed functioning STA-MCA bypass in 53 (98 %) patients. According to single-photon emission computed tomography of the brain, regional cerebral blood flow in the long-term postoperative period varied between 28 and 40 mL/100 g/min, median regional cerebral blood flow in the long-term postoperative period was 38 mL/100 g/min. Intraoperative flowmetry was performed in 52 (96 %) patients, median was 15.5 mL/min. US showed that linear blood flow velocity in the STA-MCA bypass varied between 20 and 95 cm/s, median was 49 cm/s. Volumetric blood flow varied between 30 and 85 mL/min with median of 75 mL/min.

Resection trephination was performed in 36 (67 %) patients, mean size of trephination hole was 3 cm<sup>3</sup>. In the study, operative time was measured: mean value was 212 min; no significant correlation between operative time and trephination size was observed.

Improved neurological status was observed in all study groups. Per the NIHSS, in group 1 (1–2 years) improvement was observed in 59 % of patients, in group 2 (3–4 years) in 48 %, in group 3 (5–6 years) in 47 %. Per the modified Rankin scale, in group 1 improvement was observed in 36.4 % of patients, in group 2 – in 48 %, in group 3 – in 42.9 %. Per the Rivermead mobility index, in group 1 improvement was observed in 63.3 % patients, in group 2 – in 56 %; in group 3 – in 57.1 %. The best outcomes were observed in group 1 (63.3 %).

**Conclusion.** Instrumental diagnostic methods and evaluation of neurological status showed positive dynamics both in the postoperative period and in long-term period between 1 and 6 years after low-flow STA-MCA bypass formation. In the long term, repeat abnormalities of cerebral blood flow of ischemic type and repeat transient ischemic attacks were not observed. Correct selection of patients in the preoperative period and comprehensive treatment including drug therapy in the postoperative and long-term periods allow to prevent repeat ischemic cerebrovascular disease and therefore improve patients' quality of life.

**Keywords:** occlusion of the internal carotid artery, cerebral revascularization, extra-intracranial bypass, low-flow STA-MCA bypass, long-term postoperative period

**For citation:** Kudryashova T.A., Lukyanchikov V.A., Senko I.V. et al. Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):41–53. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-41-53>

## ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения, острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) по ишемическому типу занимает 2-е место среди причин смертности. По данным 2017 г., частота ишемического инсульта составляет до 300 случаев на 100 тыс. населения в год [1, 2].

В настоящее время ОНМК по ишемическому типу является одним из самых тяжелых заболеваний и стоит на 1-м месте по инвалидизации не только у пожилых людей, но и у лиц трудоспособного возраста [1, 3]. Заболеваемость и смертность от ишемического инсульта во многих странах имеют тенденцию к росту [3]. ОНМК по ишемическому типу составляет 70–85 % всех случаев инсультов (соотношение частоты ишемических и геморрагических инсультов – 5:1) [1, 2]. К основным факторам риска ишемических нарушений мозгового кровообращения относят пожилой возраст, артериальную гипертензию, гиперхолестеринемию, атеросклероз церебральных и брахиоцефальных артерий, заболевания сердца, сахарный диабет, лишний вес и курение. В настоящее время при лечении больных с ОНМК по ишемическому типу используют консервативные и хирургические методы [4, 5].

Наиболее значимыми причинами возникновения ОНМК по ишемическому типу являются окклюзионно-стенотические поражения брахиоцефальных артерий, при этом встречаемость окклюзии внутренней сонной артерии (ВСА) составляет от 5 до 10 % всех поражений брахиоцефальных артерий [6, 7]. На сегодняшний день одним из хирургических методов профилактики повторных нарушений мозгового кровообращения у пациентов с симптомной окклюзией ВСА является операция формирования экстра-интракраниального микрохирургического анастомоза (ЭИКМА) [3, 5, 6].

При операции формирования ЭИКМА между поверхностной височной артерией и корковой ветвью средней мозговой артерии чаще всего накладывают анастомозы с низкой пропускной способностью. Данную операцию выполняют многие нейрохирургические центры по всему миру, однако до сих пор остается спорным вопрос о ее эффективности, особенно в отдаленном периоде наблюдения. Так, в ряде проведенных исследований, наиболее крупные из которых – EC-IC Bypass Trial (1985 г.) и Carotid Occlusion Surgery Study (2010 г.), не была доказана эффективность профилактики ишемического инсульта после проведенного хирургического лечения [7–9]. Несмотря на противоречивые результаты исследований, данная операция выполняется во всем мире, поскольку не было найдено более эффективной альтернативы.

**Цель исследования** – оценить ближайшую и отдаленную эффективность ЭИКМА у пациентов с симптомной окклюзией ВСА.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2016 по 2019 г. в отделение нейрохирургии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского были госпитализированы и обследованы 54 (100 %) пациента, которым был сформирован ЭИКМА на стороне симптомной окклюзии ВСА в период с 2013 по 2015 г. (рис. 1). Симптомная окклюзия ВСА чаще имела место у мужчин, чем у женщин (соотношение 7:1). Возраст пациентов варьировал от 48 до 73 лет, средний возраст составил 62 года.

В ходе статистического анализа пациенты были разделены на 3 группы в зависимости от сроков наблюдения: 1-я группа – 1–2 года, 2-я группа – 3–4 года, 3-я группа – 5–6 лет (см. таблицу).

Инструментальные методы обследования в отдаленном послеоперационном периоде включали

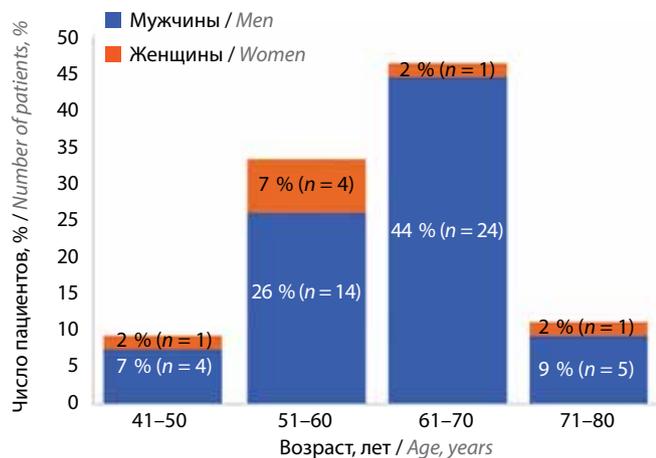


Рис. 1. Распределение пациентов, госпитализированных в отдаленном послеоперационном периоде, по полу и возрасту (n = 54)

Fig. 1. Distribution of the patients hospitalized in the long-term postoperative period per sex and age (n = 54)

компьютерно-томографическую (КТ) ангиографию экстра-интракраниальных артерий; однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОФЭКТ) головного мозга; ультразвуковое исследование (УЗИ) микрохирургического анастомоза, при котором оценивали показатели линейного и объемного кровотоков; интраоперационную флоуметрию; учитывали вид и размер трепанации, а также длительность операции. Все результаты обследования сравнивали с ранее полученными данными.

Распределение пациентов, включенных в исследование, в зависимости от сроков наблюдения в отдаленном послеоперационном периоде

Distribution of the patients included in the study depending on the follow-up duration in the long-term postoperative period

Длительность наблюдения после операции, лет Duration of follow-up after surgery, years	n	%
1	14	26
2	8	15
3	11	20
4	14	26
5	2	4
6	5	9
Всего Total	54	100

В отдаленном послеоперационном периоде неврологический статус пациентов оценивали по модифицированной шкале Рэнкина, шкале инсульта Национальных институтов здоровья США (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS), индексу мобильности Ривермид. Полученные результаты сравнивали с предоперационными, ранними и отдаленными послеоперационными показателями.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

После формирования микрохирургического анастомоза 52 (96 %) пациентам была выполнена флоуметрия. По нашим данным, при выполнении интраоперационной флоуметрии можно прогнозировать тромбоз анастомоза на этапе его формирования, а также оценить скорости кровотока по анастомозу. Показатели объемного кровотока (ОК) по шунту варьировали в диапазоне от 3 до 95 мл/мин (рис. 2). Медиана показателей флоуметрии составляла 15,5 мл/мин [3, 9].

В отдаленном послеоперационном периоде у 1 (2 %) пациента был диагностирован тромбоз микрохирургического анастомоза, интраоперационные показатели флоуметрии у этого пациента составляли 3 мл/мин. Исходя из этого, мы предполагаем, что низкие показатели интраоперационной флоуметрии (<5 мл/мин) могут свидетельствовать о высокой вероятности возникновения в будущем тромбоза микрохирургического анастомоза.

Проанализирована длительность оперативного вмешательства: минимальное время операции составило 135 мин, а максимальное – 390 мин, медиана – 212 мин (рис. 3). Стоит отметить, что наиболее продолжительные операции были выполнены в 2013 г. С освоением техники и наработкой мануальных навыков хирургов время операции значительно сократилось.

При формировании ЭИКМА выполняли резекционную и костно-пластическую трепанацию черепа (рис. 4, 5). У 36 (67 %) пациентов выполнена трепанация черепа <3 см в диаметре. Минимальный размер

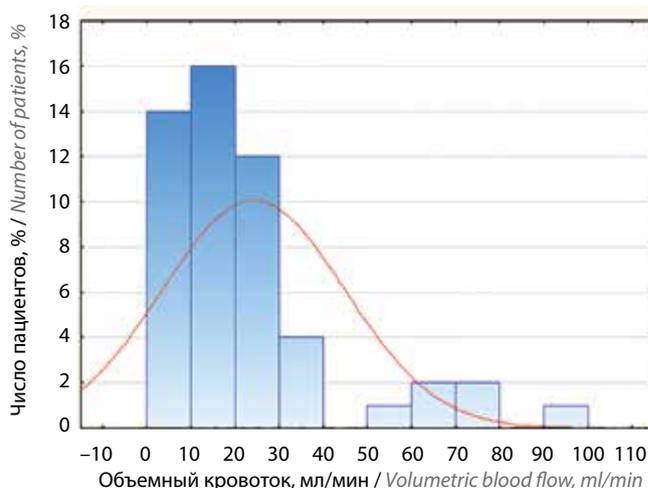
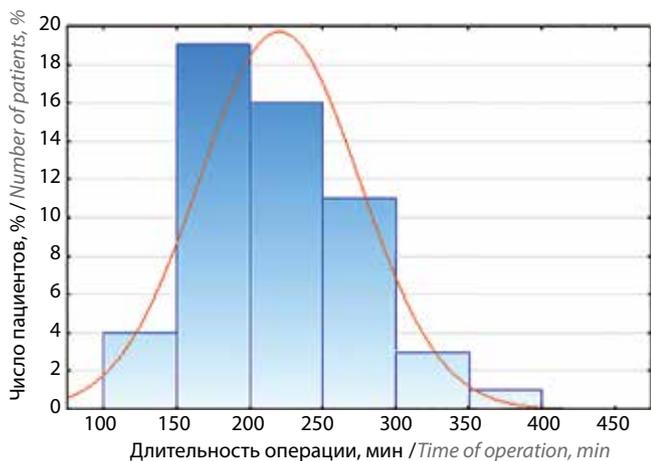


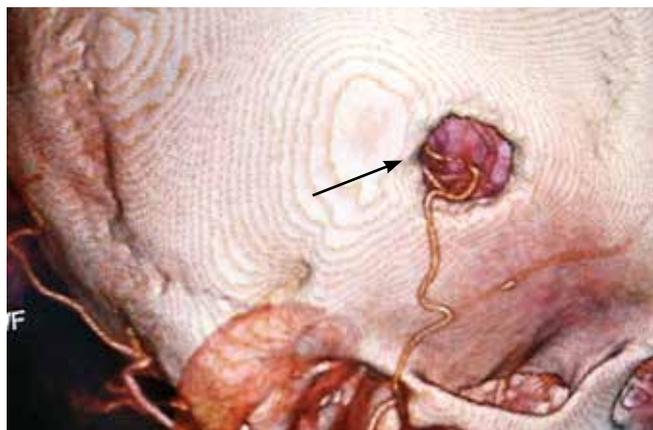
Рис. 2. Распределение пациентов в зависимости от показателей интраоперационной флоуметрии (объемного кровотока) при формировании ЭИКМА. Здесь и на рис. 3–5, 8–10: ЭИКМА – экстра-интракраниальный микрохирургический анастомоз

Fig. 2. Distribution of the patients depending on the characteristics of intraoperative flowmetry (volumetric blood flow) during low-flow STA-MCA bypass formation. Here and on Fig. 3–5, 8–10: low-flow STA-MCA bypass – low-flow bypass between superficial temporal artery and M4 segment of middle cerebral artery



**Рис. 3.** Распределение пациентов в зависимости от длительности операции по формированию ЭИКМА

**Fig. 3.** Distribution of the patients depending on operative time of low-flow STA-MCA bypass formation



**Рис. 4.** Резекционная трепанация черепа. Мультиспиральная 3D-компьютерно-томографическая ангиограмма ЭИКМА экстра-интракраниального микроанастомоза справа: визуализируется функционирующий анастомоз между правой поверхностной височной артерией и сегментом М4 правой средней мозговой артерии (стрелка)

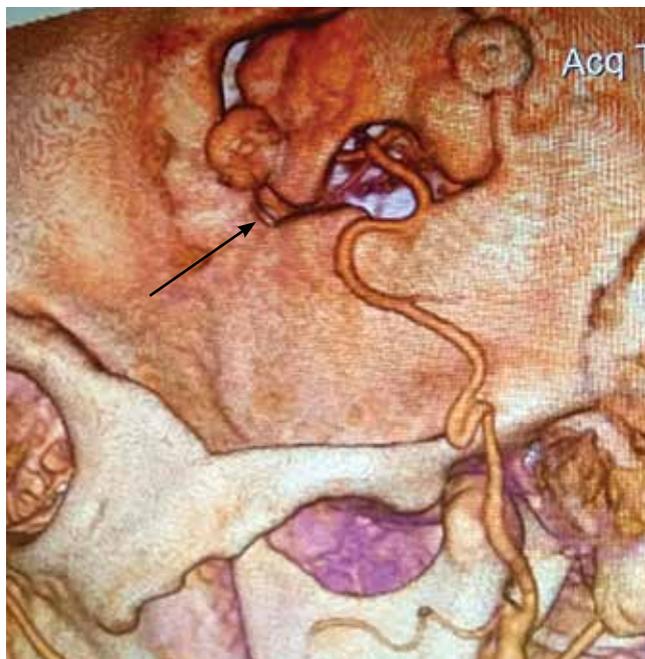
**Fig. 4.** Resection trephination of the skull. 3D spiral computed tomography angiography of low-flow STA-MCA bypass on the right: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)

трепанации составлял 1,5 см, а максимальный – 5 см, медиана составила 3 см.

В результате исследования не было выявлено достоверной корреляции между временем проведения операции и размером трепанации.

Клиническую картину у пациентов сравнивали с оцениваемыми показателями в предоперационном, раннем послеоперационном и отдаленном периодах. Следует отметить, что ни у одного из прооперированных пациентов (во всех группах наблюдения) при функционирующем ЭИКМА не было зафиксировано повторных ишемических нарушений.

Выявлена статистически значимая динамика показателей по шкале NIHSS по сравнению с ранним



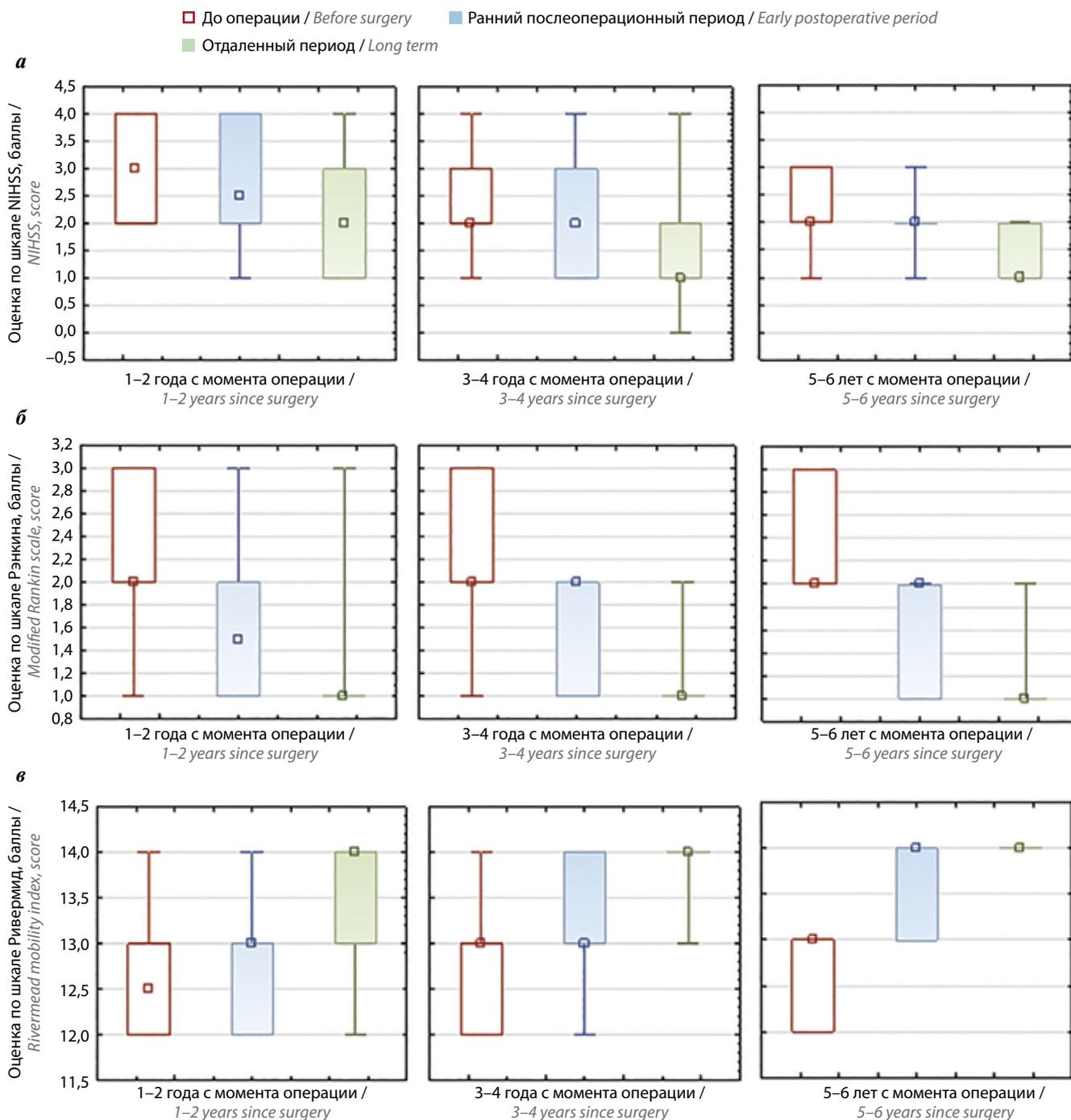
**Рис. 5.** Костно-пластическая трепанация черепа. Мультиспиральная 3D-компьютерно-томографическая ангиограмма ЭИКМА слева: визуализируется функционирующий анастомоз между левой поверхностной височной артерией и сегментом М4 левой средней мозговой артерии (стрелка)

**Fig. 5.** Osteoplastic trephination of the skull. 3D spiral computed tomography angiography of low-flow STA-MCA bypass on the left: a functioning bypass between the left superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)

послеоперационным периодом для всех групп наблюдения ( $p < 0,001$ ). Наилучшие показатели неврологического статуса отмечены в 1-й группе наблюдения – у 59 % пациентов (рис. 6, а). Статистически значимая динамика показателей по сравнению с предоперационным и ранним послеоперационным периодами отмечена для модифицированной шкалы Рэнкина для всех периодов наблюдения. При этом наилучшие показатели имели место во 2-й группе – 48 % пациентов ( $p < 0,002$ ) (рис. 6, б). Также наблюдалась статистически значимая динамика показателей индекса мобильности Ривермид по сравнению с предоперационным, ранним послеоперационным и отдаленным периодами во всех группах наблюдения ( $p < 0,001$ ). Наилучшие показатели отмечены в 1-й группе наблюдения – 63,3 % пациентов (рис. 6, в).

В результате исследования выявлена статистически значимая корреляция между возрастом пациентов и динамикой неврологического статуса по модифицированной шкале Рэнкина в раннем послеоперационном периоде ( $p = 0,003$ ,  $R = 0,4$ ) (рис. 7). Соответственно, чем моложе был пациент, тем более благоприятным был клинический эффект.

Таким образом, согласно полученным нами данным, целесообразно отслеживать пациентов после выполнения ревазуляризации головного мозга в течение



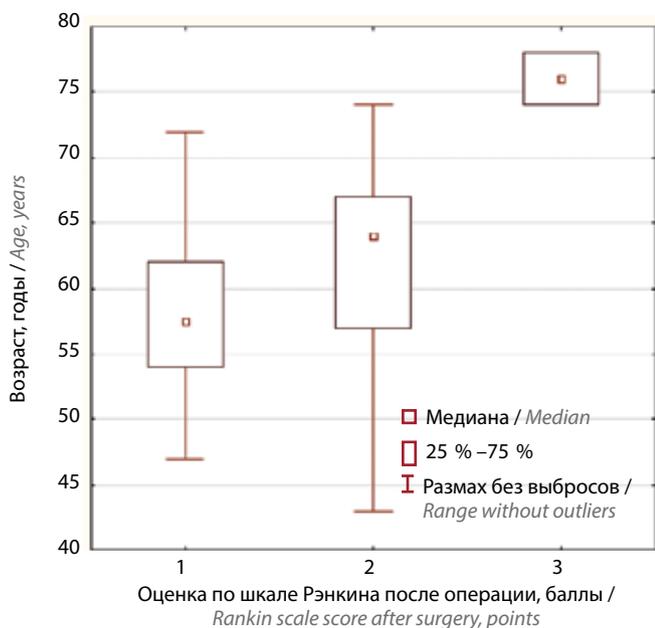
**Рис. 6.** Динамика неврологического статуса пациентов по группам наблюдения (1–2 года, 3–4 года, 5–6 лет с момента операции): а – по шкале инсульта Национальных институтов здоровья (NIHSS); б – по модифицированной шкале Рэнкина; в – согласно индексу мобильности Ривермид

**Fig. 6.** Dynamics of the patients' neurological status in different observation groups (1–2 years, 3–4 years, 5–6 years since surgery): а – National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS); б – modified Rankin scale; в – Rivermead mobility index

2 лет, поскольку при функционирующем анастомозе в более отдаленные сроки отрицательной неврологической динамики, повторных транзиторных ишемических атак и ишемических инсультов у пациентов мы не наблюдали.

В раннем послеоперационном периоде (на 3–4-е сутки после ревазуляризации головного мозга) КТ-ан-

гиография была выполнена 54 (100 %) пациентам: анастомоз функционировал у всех больных (100 %). В отдаленном послеоперационном периоде в сроки от 1 до 6 лет по данным КТ-ангиографии анастомоз функционировал у 53 (98 %) больных (рис. 8), у 1 (2 %) пациента был диагностирован тромбоз ЭИКМА (рис. 9).



**Рис. 7.** Корреляция между возрастом пациентов и динамикой неврологического статуса по модифицированной шкале Рэнкина в раннем послеоперационном периоде

**Fig. 7.** Correlation between patient's age and dynamics of neurological status per the modified Rankin scale in the early postoperative period

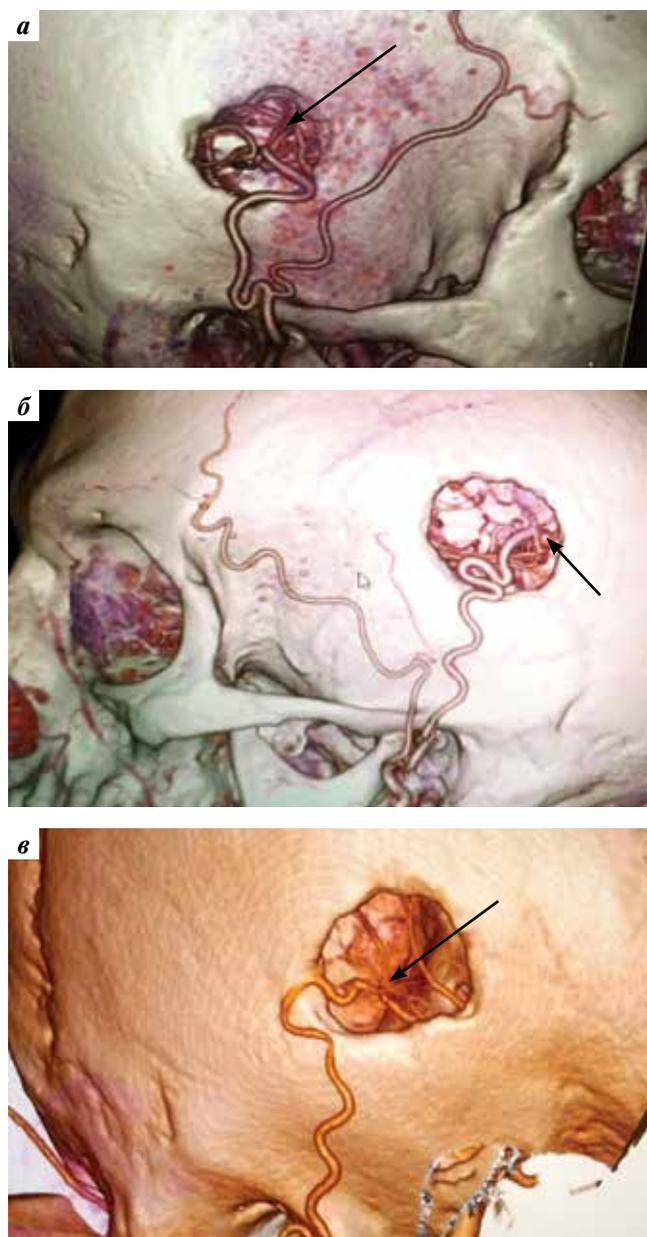
Ультразвуковое исследование выполнили 54 (100 %) пациентам в раннем послеоперационном периоде: анастомоз функционировал у всех обследованных пациентов. В отдаленном периоде микрохирургический анастомоз функционировал у 53 (98 %) больных (рис. 10).

В раннем послеоперационном периоде (на 3–4-е сутки после выполнения ЭИКМА) линейная скорость кровотока варьировала от 25 до 96 см/с (медиана 59 см/с), в отдаленном послеоперационном периоде – от 20 до 95 см/с (медиана 49 см/с) (рис. 11, а).

Показатели ОК в раннем послеоперационном периоде (на 3–4-е сутки) по данным УЗИ-диагностики анастомоза составляли от 25 до 75 мл/мин (медиана 60 мл/мин), в отдаленном послеоперационном периоде – от 30 до 85 мл/мин (медиана 75 мл/мин) (рис. 11, б).

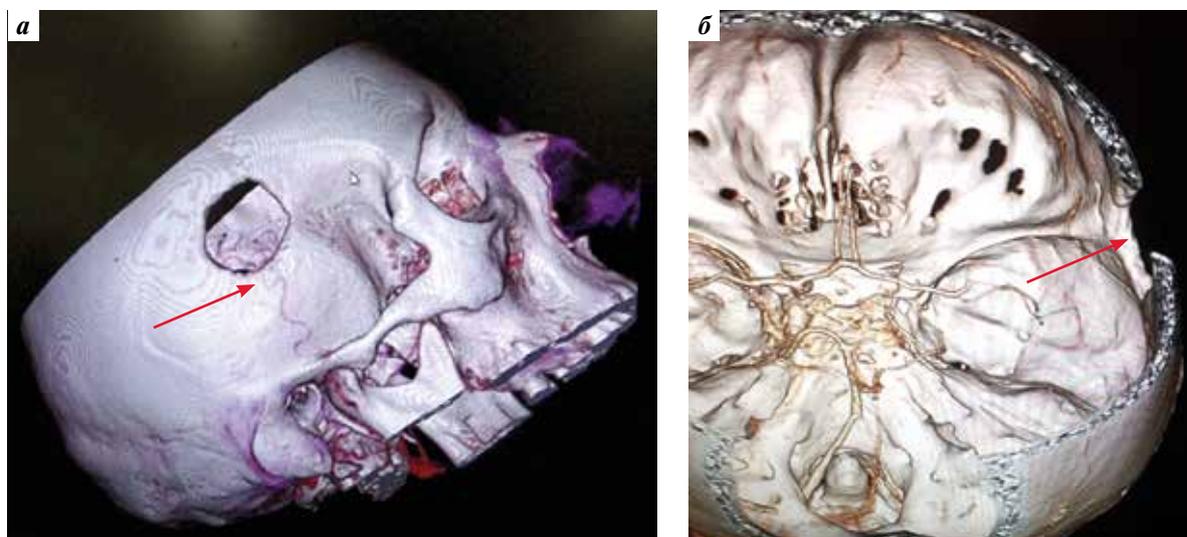
Таким образом, согласно полученным нами данным, в отдаленном послеоперационном периоде линейная скорость кровотока по микрохирургическому анастомозу снижается, но при этом показатели ОК возрастают. С нашей точки зрения, это можно объяснить тем, что при хорошем функционировании анастомоз разрабатывается и таким образом увеличивается в диаметре.

Кроме того, нами были выявлены статистически значимые положительные корреляции между оценкой по модифицированной шкале Рэнкина, индексом мобильности Ривермид и показателями ОК по данным УЗИ в раннем послеоперационном периоде (рис. 12). Отмечено, что чем лучше был ОК в раннем послеоперационном периоде, тем благоприятнее был неврологический исход у пациентов. Также статистически



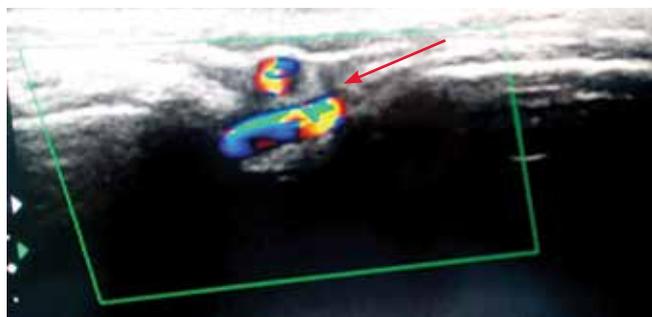
**Рис. 8.** Мультиспиральные 3D компьютерно-томографические ангиограммы: а – ЭИКМА справа у пациента С. 2 года после операции: визуализируется функционирующий анастомоз между правой поверхностной височной артерией и сегментом М4 правой средней мозговой артерии (стрелка); б – ЭИКМА слева у пациента Б. 4 года после операции: визуализируется функционирующий анастомоз между левой поверхностной височной артерией и сегментом М4 левой средней мозговой артерии (стрелка); в – ЭИКМА справа у пациента Н. 6 лет после операции: визуализируется функционирующий анастомоз между правой поверхностной височной артерией и сегментом М4 правой средней мозговой артерии (стрелка)

**Fig. 8.** 3D spiral computed tomography angiography: а – low-flow STA-MCA bypass on the right in patient S. 2 years after surgery: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow); б – low-flow STA-MCA bypass on the left in patient B. 4 years after surgery: a functioning bypass between the left superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow); в – low-flow STA-MCA bypass on the right in patient N. 6 years after surgery: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)



**Рис. 9.** Мультиспиральные 3D компьютерно-томографические ангиограммы пациента Т.: а – функционирующий ЭИКМА в раннем послеоперационном периоде; б – нефункционирующий ЭИКМА справа через 4 года после выполнения операции: визуализируется тромбоз левой поверхностной височной артерии (стрелка)

**Рис. 9.** 3D spiral computed tomography angiography of patient T.: a – functioning low-flow STA-MCA bypass in the early postoperative period; б – nonfunctioning low-flow STA-MCA bypass on the right 4 years after surgery: thrombosis of the left superficial temporal artery is visualized (arrow)



**Рис. 10.** Ультразвуковое исследование в отдаленном послеоперационном периоде: функционирующий ЭИКМА (стрелка)

**Fig. 10.** Ultrasound in the long-term postoperative period: functioning low-flow STA-MCA bypass (arrow)

значимые корреляции выявлены между индексом мобильности Ривермид, оценкой по модифицированной шкале Рэнкина и показателями ОК в отдаленном послеоперационном периоде (рис. 13).

Большая скорость объемного кровотока по микрохирургическому анастомозу сочеталась с лучшими показателями клинической картины у оперированных больных.

Всем пациентам ( $n = 54$ , 100 %) при первичной госпитализации выполняли ОФЭКТ головного мозга с нагрузочными пробами (ацетазоламидом) для оценки цереброваскулярного резерва в предоперационном периоде. У всех больных отмечена недостаточность цереброваскулярного резерва головного мозга (прирост перфузии составлял  $<10\%$ ). Выявлено статистически значимое снижение параметра регионарного мозгового кровотока (рМК) по данным ОФЭКТ головного мозга в отдаленном периоде по сравнению

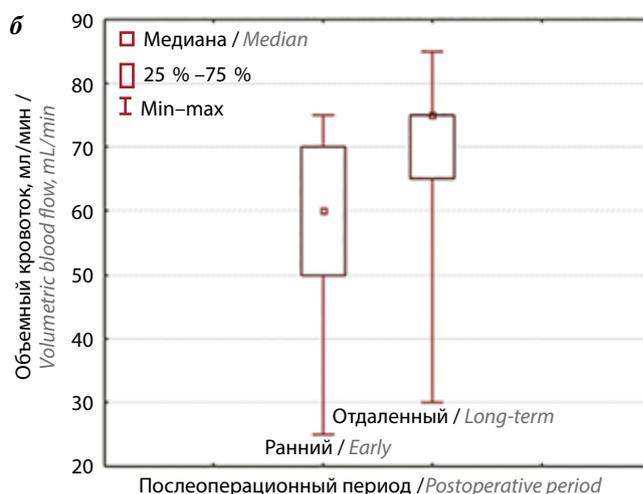
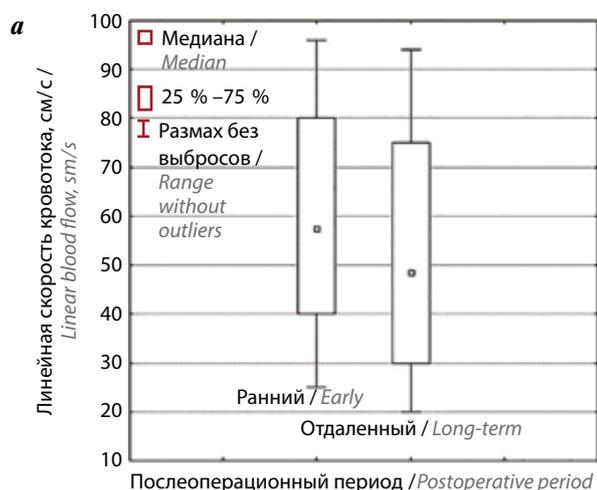
с послеоперационными показателями во всех группах наблюдения ( $p < 0,001$ ) (рис. 14).

Наиболее низкие показатели рМК наблюдали у пациентов 2-й группы (3–4 года). Мы предполагаем, что снижение рМК в отдаленном послеоперационном периоде по данным ОФЭКТ головного мозга происходит за счет развития коллатерального кровообращения и равномерного распределения кровотока в головном мозге после выполнения операции формирования ЭИКМА. Несмотря на то что в отдаленном послеоперационном периоде мы наблюдали снижение рМК (до 35 мл/100 г/мин) по сравнению с показателями раннего послеоперационного периода (до 38 мл/100 г/мин), он все равно был выше предоперационного кровотока (до 23 мл/100 г/мин) (рис. 15).

Отсутствие повторных нарушений кровообращения во всех группах наблюдения предполагает наличие достаточного рМК.

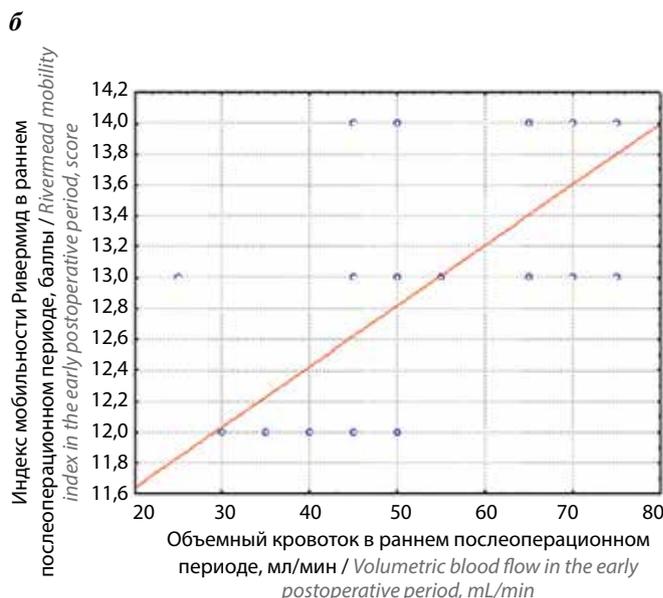
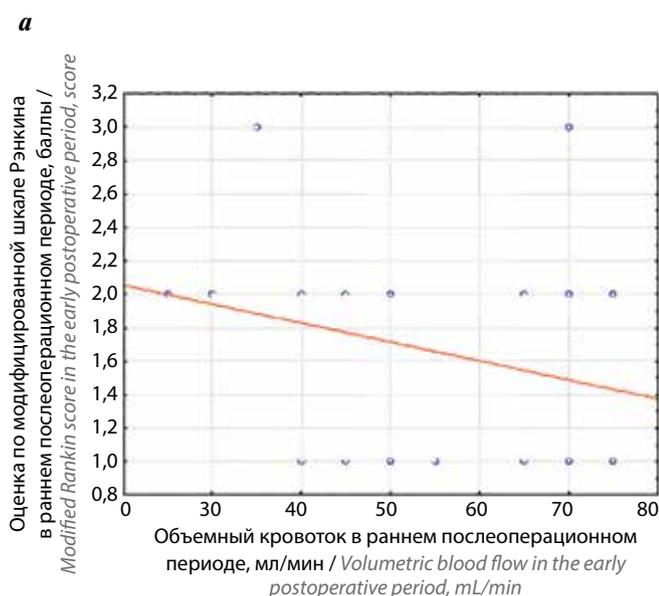
По результатам исследования были выявлены статистически значимые корреляции между показателями рМК по данным ОФЭКТ головного мозга, ОК по данным УЗИ и индексом мобильности Ривермид в раннем послеоперационном периоде (рис. 16). Таким образом, мы предполагаем, что больший ОК в раннем послеоперационном периоде сопровождается более высокими показателями рМК и лучшими клиническими исходами.

В отдаленном послеоперационном периоде мы также наблюдали достоверную статистическую связь между показателями рМК, ОК по данным УЗИ, оценкой по шкале Рэнкина и индексом мобильности Ривермид (рис. 17).



**Рис. 11.** Показатели линейной скорости кровотока (а) и объемного кровотока (б) по данным ультразвукового исследования после формирования ЭИКМА в раннем и отдаленном послеоперационных периодах

**Fig. 11.** Linear blood flow (a) and volumetric blood flow (б) per ultrasound measurement after low-flow STA-MCA bypass formation in the early and long-term postoperative periods



**Рис. 12.** Выявленные корреляции между оценкой неврологического статуса и показателями объемного кровотока по данным ультразвукового исследования в раннем послеоперационном периоде: а – между оценкой по модифицированной шкале Ранкина и показателями объемного кровотока ( $R_s = 0,27$ ;  $p < 0,04$ ); б – между индексом мобильности Ривермид и показателями объемного кровотока ( $R_s = 0,66$ ;  $p < 0,001$ )

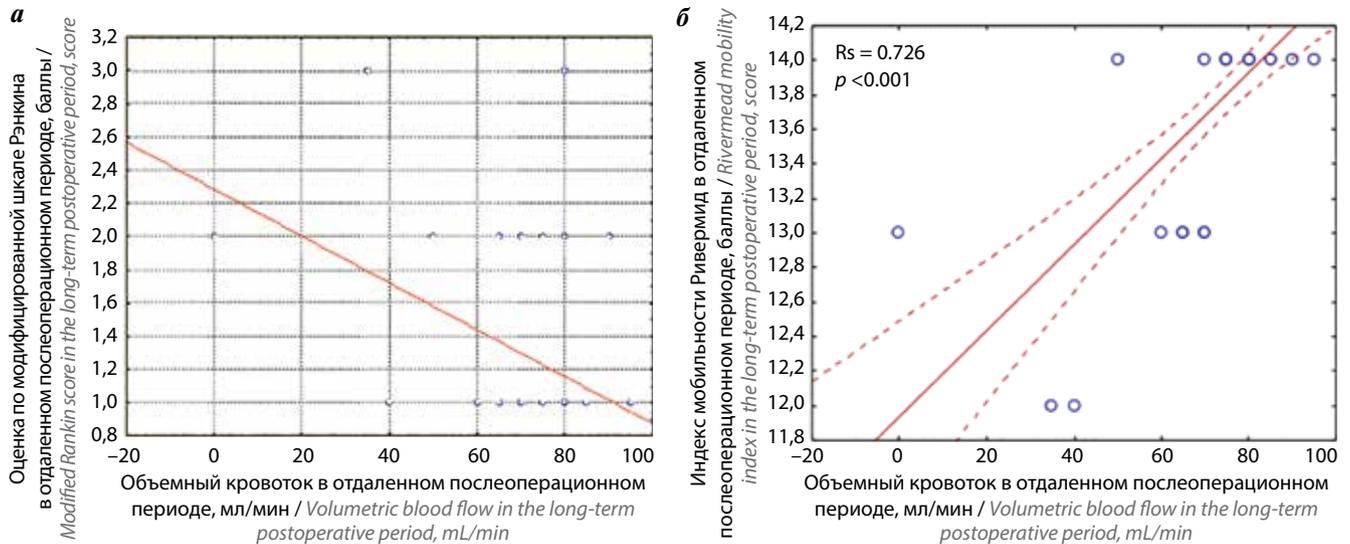
**Fig. 12.** Detected correlations between neurological status evaluation and volumetric blood flow per ultrasound measurement in the early postoperative period: а – between the modified Rankin scale score and volumetric blood flow ( $R_s = 0.27$ ;  $p < 0.04$ ); б – between Rivermead mobility index and volumetric blood flow ( $R_s = 0.66$ ;  $p < 0.001$ )

Проанализировав полученные результаты, в отдаленном послеоперационном периоде мы обнаружили прямую зависимость между показателями ОК, рМК и клиническими исходами оперированных пациентов.

### ОБСУЖДЕНИЕ

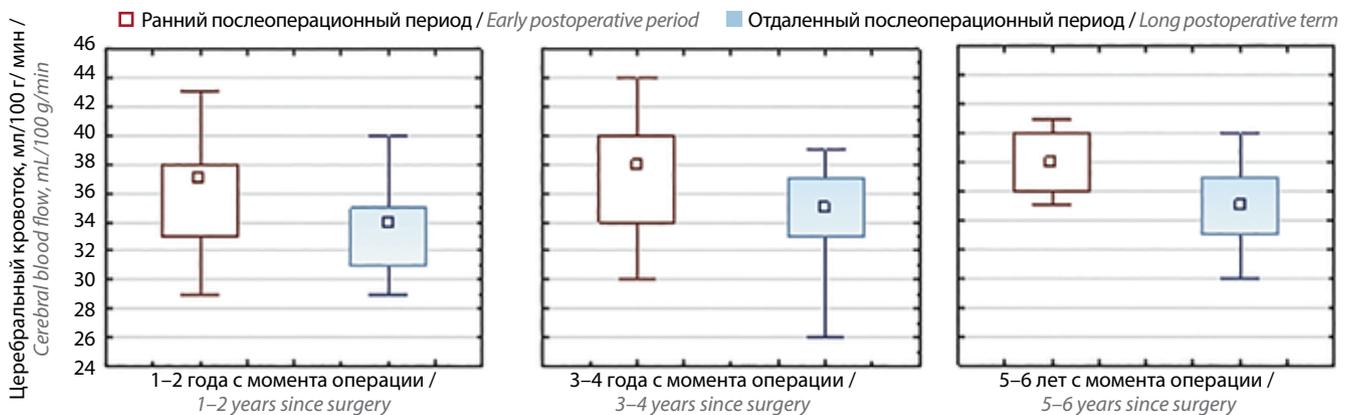
Нами проанализированы результаты операции по формированию ЭИКМА у 54 пациентов с симптомной окклюзией ВСА в течение 6 лет после ее выполнения. Ранее проведенные международные исследования, посвященные ревазуляризации головного мозга

(в том числе первое рандомизированное исследование EC-IC Bypass Trial, выполненное доктором Henry Barnett [3, 5, 10–13]), не продемонстрировали положительных результатов хирургического лечения ишемического инсульта с помощью ревазуляризации головного мозга. Целью указанного исследования было определение эффективности операции формирования ЭИКМА как метода, снижающего риск возникновения ОНМК или уменьшающего летальность от перенесенного инсульта. В группе оперированных больных повторные инсульты развивались чаще и в более



**Рис. 13.** Выявленные корреляции между оценкой неврологического статуса и показателями объемного кровотока по данным ультразвукового исследования в отдаленном послеоперационном периоде: а – между оценкой по модифицированной шкале Рэнкина и показателями объемного кровотока ( $R_s = 0,59$ ,  $p < 0,003$ ); б – между индексом мобильности Ривермид и показателями объемного кровотока ( $R_s = 0,726$ ;  $p < 0,001$ )

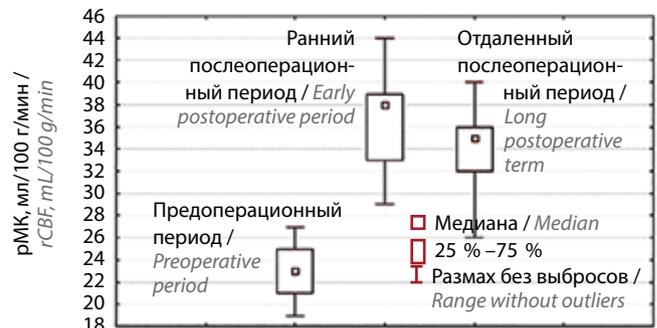
**Fig. 13.** Detected correlations between neurological status evaluation and volumetric blood flow per ultrasound measurement in the long-term postoperative period: а – between the modified Rankin scale score and volumetric blood flow ( $R_s = 0.59$ ,  $p < 0.003$ ); б – between Rivermead mobility index and volumetric blood flow ( $R_s = 0.726$ ;  $p < 0.001$ )



**Рис. 14.** Распределение показателей регионарного мозгового кровотока по данным ОФЭКТ головного мозга в раннем послеоперационном и отдаленном периодах по группам наблюдения. Здесь и на рис. 15–17: ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография

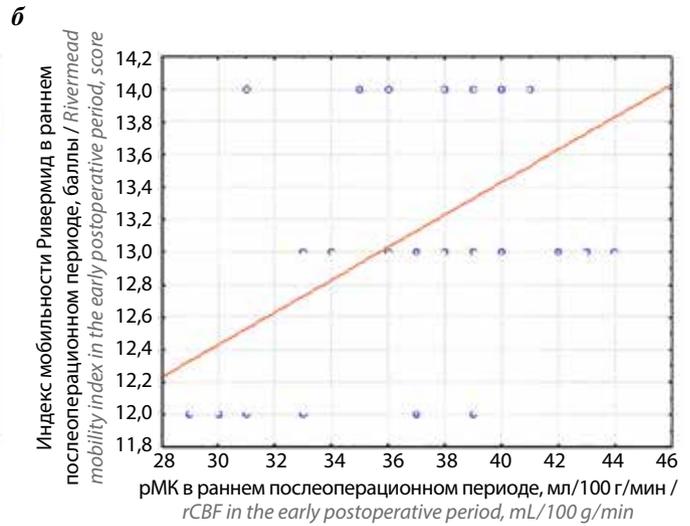
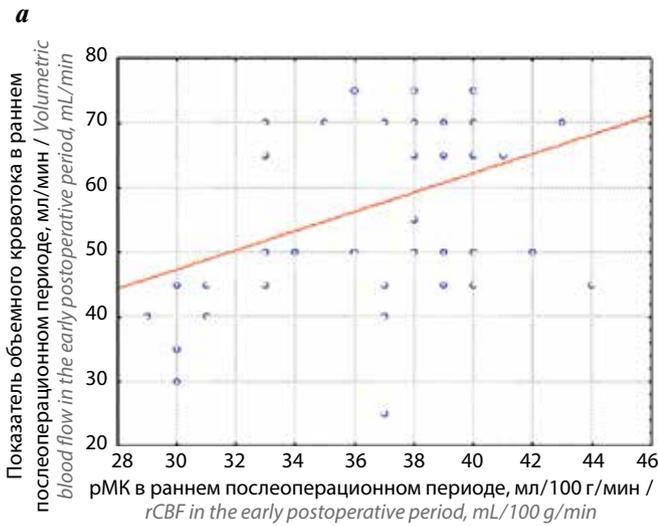
**Fig. 14.** Distribution of regional cerebral blood flow per SPECT in the early and long-term postoperative period in different observation groups. Here and in Fig. 15–17: SPECT – single-photon emission computed tomography

ранние сроки, чем в группе пациентов, получавших только консервативное лечение. Исследователи сделали вывод, что ЭИКМА является неэффективным методом профилактики церебральной ишемии у пациентов с симптомной окклюзией ВСА [10–15]. Однако важно отметить, что в проведенном исследовании для хирургического лечения были отобраны пациенты в более тяжелом состоянии (по неврологическому статусу). Не всем пациентам проводили инструментальную диагностику сосудов головного мозга для подтверждения окклюзии ВСА, кроме того, не оценивали перфузию мозгового мозга в предоперационном периоде и после выполнения ревазуляризации головного мозга.



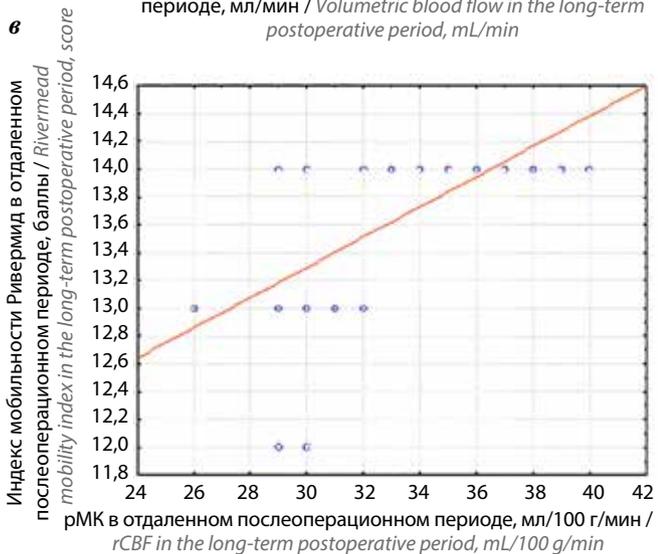
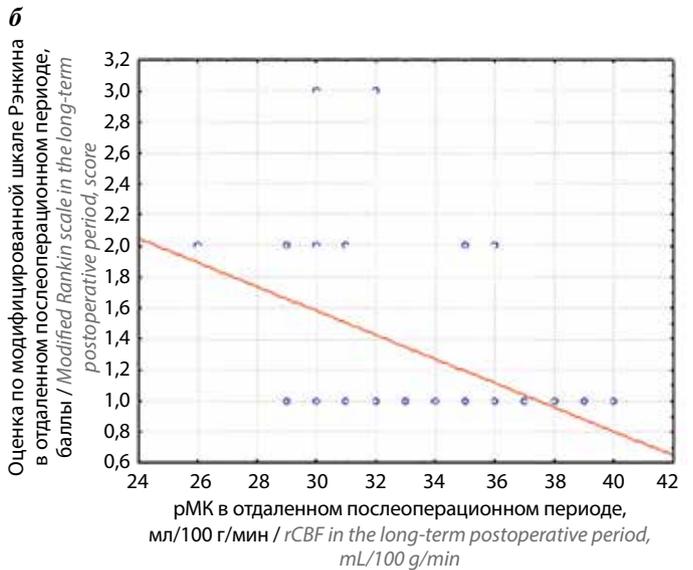
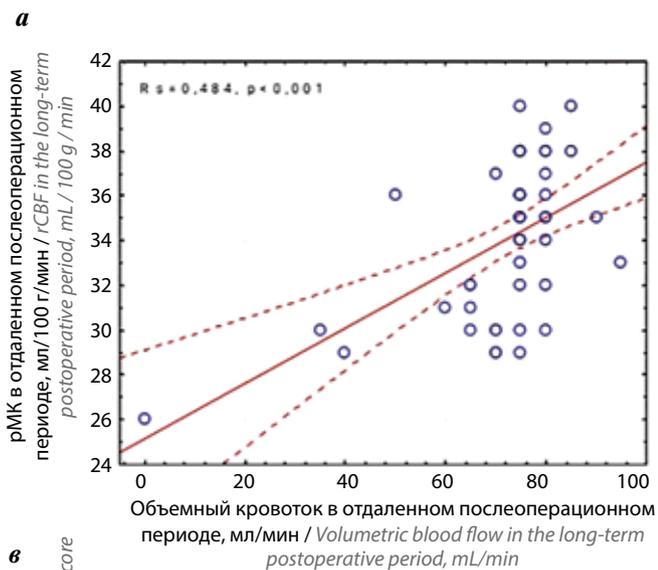
**Рис. 15.** Динамика показателей регионарного мозгового кровотока (рМК) по данным ОФЭКТ головного мозга в предоперационном, раннем послеоперационном и отдаленном периодах

**Fig. 15.** Dynamics of regional cerebral blood flow (rCBF) per SPECT of the brain in the preoperative, early postoperative, and long-term periods



**Рис. 16.** Выявленные корреляции между анализируемыми показателями в раннем послеоперационном периоде: а – между показателями регионального мозгового кровотока (рМК) по данным ОФЭКТ головного мозга и объемного кровотока по данным ультразвукового исследования ( $R_s = 0,31$ ;  $p < 0,02$ ); б – между показателями рМК по данным ОФЭКТ головного мозга и индексом мобильности Ривермид ( $R_s = 0,42$ ;  $p < 0,001$ )

**Fig. 16.** Detected correlations between the analyzed characteristics in the early postoperative period: а – between regional cerebral blood flow (rCBF) per SPECT of the brain and volumetric blood flow per ultrasound ( $R_s = 0.31$ ;  $p < 0.02$ ); б – between rCBF per SPECT of the brain and Rivermead mobility index ( $R_s = 0.42$ ;  $p < 0.001$ )



**Рис. 17.** Выявленные корреляции между анализируемыми показателями в отдаленном послеоперационном периоде: а – между показателями рМК по данным ОФЭКТ головного мозга и объемного кровотока по микрохирургическому анастомозу по данным ультразвукового исследования ( $R_s = 0,484$ ;  $p < 0,001$ ); б – между показателями рМК по данным ОФЭКТ головного мозга и оценкой по модифицированной шкале Рэнкина ( $R_s = 0,466$ ;  $p < 0,001$ ); в – между показателями рМК по данным ОФЭКТ головного мозга и индексом мобильности Ривермид ( $R_s = 0,65$ ;  $p < 0,001$ )

**Fig. 17.** Detected correlations between the analyzed characteristics in the long-term postoperative period: а – between regional cerebral blood flow (rCBF) in bypass per SPECT of the brain and volumetric blood flow by microsurgical anastomosis per ultrasound ( $R_s = 0.484$ ;  $p < 0.001$ ); б – between rCBF per SPECT of the brain and modified Rankin scale score ( $R_s = 0.466$ ;  $p < 0.001$ ); в – between rCBF per SPECT of the brain and Rivermead mobility index ( $R_s = 0.65$ ;  $p < 0.001$ )

Развитие современных методов диагностики, таких как компьютерная томография, магнитно-резонансная (МР) томография, МР-ангиография, КТ-ангиография, КТ- и МР-перфузия головного мозга, позитронно-эмиссионная томография и ОФЭКТ, позволило выделить группу пациентов с повышенным риском развития повторного ишемического инсульта. В нашей работе всем пациентам перед выполнением ревазуляризации головного мозга проводили КТ-ангиографию сосудов головного мозга и оценивали перфузию с помощью ОФЭКТ головного мозга в предоперационном, раннем и отдаленном послеоперационных периодах наблюдения после формирования ЭИКМА.

В выполненной нами работе по данным КТ-ангиографии в отдаленном послеоперационном периоде установлено функционирование анастомоза у 53 (98 %) пациентов. При изучении функциональных характеристик ЭИКМА в динамике отмечено, что линейная скорость кровотока функционирующего анастомоза со временем снижается (в среднем с 59 до 48,5 см/с), а показатель ОК, напротив, увеличивается (в среднем с 60 до 75 мл/мин). Выполнение ЭИКМА сопровождается улучшением рМК (в среднем с 23 до 35 мл/100 г/мин), который напрямую зависит от ОК по шунту. Улучшение перфузии головного мозга в послеоперационном периоде сопровождается лучшими клиническими результатами.

В японском исследовании JET (Japanese EC-IC Bypass Trial) [3, 5, 16], основой которого стало изучение перфузии головного мозга с помощью ОФЭКТ, также показан положительный результат после выполнения ревазуляризации головного мозга у пациентов с симптомной окклюзией ВСА. Повторные нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу наблюдали только у 5 % больных с выполненным ЭИКМА и у 14 % – в контрольной группе (консервативно-го лечения).

По результатам американского исследования COSS (Carotid Occlusion Surgery Study, 2002–2010 гг.) не было подтверждено стойкого положительного эффекта после формирования ЭИКМА при сравнении с группой больных, которым проводили консервативное лечение [3, 5, 16, 17]. Количество повторных ишемических инсультов в течение 2 лет составило 21 % в группе оперированных пациентов и 22,7 % – в группе неоперированных. Однако исследователями было отмечено хорошее восстановление перфузии на стороне выполненного анастомоза у всех оперированных больных.

При формировании ЭИКМА также возможно выполнение шунта из мини-доступа без потери времени и качества операции. С целью прогнозирования работы анастомоза интраоперационно целесообразно использование флоуметрии.

В нашем исследовании повторных нарушений мозгового кровообращения в послеоперационном и отдаленном периодах у пациентов при функционирующем анастомозе не зафиксировано. В отдаленном периоде после выполнения ревазуляризации головного мозга улучшение неврологического статуса отмечено по шкале NIHSS в 1-й группе (1–2 года) – у 59 % больных, по индексу мобильности Ривермид в 1-й группе (1–2 года) – у 63,3 % пациентов, по модифицированной шкале Рэнкина во 2-й группе (3–4 года) – у 48 % больных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом результатов нашего исследования мы предполагаем, что ЭИКМА является эффективным методом профилактики ОНМК по ишемическому типу и операцией, улучшающей неврологический статус больных с симптомной окклюзией ВСА. Таким образом, мы можем рекомендовать проведение данной операции для улучшения качества жизни пациентов в отдаленном периоде заболевания.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Стаховская Л.В. Эпидемиология инсульта в России. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2003;8:4–9.  
Gusev E.I., Skvortsova V.I., Stakhovskaya L.V. Epidemiology of stroke in Russia. Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry 2003;8:4–9. (In Russ.).
2. Операции ревазуляризации головного мозга в сосудистой нейрохирургии. Под ред. В.В. Крылова, В.Л. Леменева. М.: БИНОМ, 2014. 272 с.  
Brain revascularization operations in vascular neurosurgery. Ed. by V.V. Krylov, V.L. Lemenev. Moscow: BINOM, 2014. 272 p. (In Russ.).
3. Крылов В.В., Лукьянчиков В.А., Токарев С.А. и др. Хирургическая профилактика ишемических инсультов с использованием экстраинтракраниального микроанастомоза (ЭИКМА) в каротидном бассейне. Ангиология и сосудистая хирургия 2016;22(4):116–21.  
Krylov V.V., Lukiyanichikov V.A., Tokarev S.A. et al. Surgical prevention of ischemic strokes by means of an extracranial microanastomosis (EICMA) in the carotid basin. Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and Vascular Surgery 2016;22(4):116–21. (In Russ.).
4. Лукьянчиков В.А. Хирургическая ревазуляризация головного мозга в остром периоде церебральной ишемии. Дис. ... докт. мед. наук. М., 2018.  
Lukiyanichikov V.A. Surgical revascularization of the brain in the acute period of cerebral ischemia. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 2018. (In Russ.).
5. Лукшин В.А. Хирургическое лечение хронической церебральной ишемии, вызванной окклюзиями артерий каротидного бассейна. Дис. ... докт. мед. наук. М., 2017.  
Lukshin V.A. Surgical treatment of chronic cerebral ischemia caused by occlusion of the arteries of the carotid basin. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 2017. (In Russ.).

6. Гайдар Б.В. Методы исследования реактивности сосудов головного мозга в послеоперационном периоде. В кн.: Вопросы патологии мозгового кровообращения в нейрохирургической клинике. Сб. науч. тр. Л.: ЛНХИ, 1987. С. 14–18.  
Gaidar B.V. Methods of studying the reactivity of cerebral vessels in the postoperative period. In: Issues of pathology of cerebral circulation in the neurosurgical clinic. Coll. of sci. papers. Leningrad: LNHI, 1987. Pp. 14–18. (In Russ.).
7. Рошкoвская Л.В. Динамика неврологических расстройств у больных с ишемическими инсультами головного мозга после реваскуляризирующих операций. Дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2004.  
Roshkovskaya L.V. Dynamics of neurological disorders in patients with ischemic brain strokes after revascularization operations. Dis. ... of candidate of medical sciences. St. Petersburg, 2004. (In Russ.).
8. Варакин Ю.А. Эпидемиологические аспекты профилактики острых нарушений мозгового кровообращения. Дис. ... докт. мед. наук. М., 1994.  
Varakin Yu.A. Epidemiological aspects of the prevention of acute cerebral circulatory disorders. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 1994. (In Russ.).
9. Вачев А.Н., Дмитриев О.В., Терешина О.В., Степанов М.Ю. Хирургическое лечение пациентов с окклюзией внутренней сонной артерии. Ангиология и сосудистая хирургия 2006;12(3):105–10.  
Vachev A.N., Dmitriev O.V., Tereshina O.V., Stepanov M.Yu. Surgical treatment of patients with occlusion of the internal carotid artery. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and Vascular Surgery* 2006;12(3):105–10. (In Russ.).
10. Ausman J.I., Diaz F.G., de los Reyes R.A. et al. Posterior circulation revascularization. Superficial temporal artery to superior cerebellar artery anastomosis. *J Neurosurg* 1982;56(6):766–76. DOI: 10.3171/jns.1982.56.6.0766
11. EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985;313(19):1191–200. DOI: 10.1056/NEJM198511073131904
12. McDowell F., Flamm E.S. EC/IC Bypass Study. *Stroke* 1986;17(1):1–2. DOI: 10.1161/01.str.17.1.1
13. Ausman J.I., Diaz F.G. Critique of the extracranial-intracranial bypass study. *Surg Neurol* 1986;26(3):218–21. DOI: 10.1016/0090-3019(86)90152-7
14. Awad I.A., Spetzler R.F. Extracranial-intracranial bypass surgery: a critical analysis in light of the International Cooperative Study. *Neurosurgery* 1986;83(4):655–64. DOI: 10.1227/00006123-198610000-00028
15. Day A.L., Rhoton A.L. Jr., Little J.R. The extracranial-intracranial bypass study. *Surg Neurol* 1986;26(3):222–6. DOI: 10.1016/0090-3019(86)90153-9
16. JET Study Group. Japanese EC-IC Bypass Trial (JET Study): The Second Interim Analysis. *Surg Cerebral Stroke* 2002;30(6):434–7. DOI: 10.2335/scs.30.434
17. Kuroda S., Kawabori M., Hirata K. et al. Clinical significance of STA-MCA double anastomosis for hemodynamic compromise in post-JET/COSS era. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(1):77–83. DOI: 10.1007/s00701-013-1961-0

#### Вклад авторов

Т.А. Кудряшова: разработка дизайна исследования, ассистирование на операциях, наблюдение за пациентами, сбор данных для анализа, анализ полученных данных, обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи;  
В.А. Лукьянчиков, И.В. Сенько, Н.А. Полунина, В.А. Далибалдян: проведение хирургических операций, научное консультирование;  
Г.К. Гусейнова, Р.Ш. Муслимов: выполнение диагностических процедур;  
В.В. Крылов, А.А. Гринь: разработка дизайна исследования, научное консультирование.

#### Author's contribution

T.A. Kudryashova: research design development, surgical assistance, patient monitoring, collecting data for analysis, analysis of the data obtained, review publications on the topic of the article, article writing;  
V.A. Lukiyanichikov, I.V. Senko, N.A. Polunina, V.A. Dalibaldyan: conducting surgical operations, scientific consulting;  
G.K. Guseynova, R.S. Muslimov: performing diagnostic procedures;  
V.V. Krylov, A.A. Grin: research design development, scientific consulting.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

Т.А. Кудряшова / T.A. Kudryashova: <https://orcid.org/0000-0001-9185-2804>  
В.А. Лукьянчиков / V.A. Lukiyanichikov: <https://orcid.org/0000-0003-4518-9874>  
И.В. Сенько / I.V. Senko: <https://orcid.org/0000-0002-5743-8279>  
Н.А. Полунина / N.A. Polunina: <https://orcid.org/0000-0001-5680-4663>  
В.А. Далибалдян / V.A. Dalibaldyan: <https://orcid.org/0000-0002-5993-3310>  
Г.К. Гусейнова / G.K. Guseynova: <https://orcid.org/0000-0001-8475-3410>  
В.В. Крылов / V.V. Krylov: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>  
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.** Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The work 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:** 24.07.2022. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article submitted:** 24.07.2022. **Accepted for publication:** 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-54-64>

# ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ДЕНТАТОРУБРОТАЛАМИЧЕСКОГО ТРАКТА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ТРЕМОРОМ

**А.И. Холявин, В.А. Песков, А.О. Бергер***ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук; Россия, 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 9***Контакты:** Андрей Иванович Холявин [Kholyavin@mail.ru](mailto:Kholyavin@mail.ru)

**Введение.** Стереотаксические операции на вентрально-промежуточном ядре таламуса (Vim) и задней субталамической области (PSA) используют для хирургического лечения тремора. Поскольку эти структуры неразличимы в стандартных режимах магнитно-резонансной томографии (МРТ), при операциях в основном применяют не прямое стереотаксическое наведение. МРТ-трактография позволяет учитывать индивидуальную вариабельность структур-мишеней при треморе, визуализируя мишень напрямую, однако в рутинную практику подготовки операций эта методика еще не вошла.

**Цель исследования** – изучение вариабельности положения денаторуброталамического тракта (DRT), определенного по данным трактографии, по отношению к основным ориентирам для непрямого стереотаксического наведения, а также к структурам, видимым при МРТ в режиме FGATIR, для оценки обоснованности используемых в настоящее время методик подготовки операций при треморе.

**Материалы и методы.** Вероятностная МРТ-трактография DRT по протоколу HARDY проведена 34 пациентам. Дополнительно получали томограммы в режимах 3D T1 аксиальными срезами с изотропным размером воксела, равным 1 мм, а также FLAIR сагиттальными срезами толщиной 1,12 мм с шагом 0,56 мм. Помимо этого, 11 пациентам выполняли серию срезов по программе FGATIR толщиной 1 мм без межсрезового промежутка.

**Результаты.** Установлена существенная вариабельность положения DRT как в системе координат передней и задней комиссур, так и по отношению к стандартным мишеням для непрямого стереотаксического наведения. Кроме того, выявлена заметная межполушарная асимметрия положения трактов. Наименьшая степень отклонения от трактов отмечена для траекторий электродов для глубокой стимуляции мозга, имплантируемых в каудальную неопределенную зону (сZI) на уровне максимального диаметра красных ядер. Также установлена высокая степень соответствия между трактом и целевой зоной прелемнисковой радиации (Raprl) на томограммах в режиме FGATIR.

**Выводы.** Стандартные целевые точки для непрямого наведения на мишени Vim и церебеллоталамический тракт в PSA дают отклонение >2 мм от DRT почти у половины пациентов. В то же время при наведении на стандартную целевую точку сZI в зоне воздействия на уровне 2-го или 3-го контакта электрода DRT находится в 76,5 % случаев. Режим FGATIR позволяет визуализировать структуру Raprl, при стереотаксическом наведении на которую воздействие на DRT может быть достигнуто в 86,4 % случаев.

**Ключевые слова:** стереотаксическое наведение, хирургическое лечение тремора, магнитно-резонансная трактография, денаторуброталамический тракт, глубокая стимуляция мозга, Vim-таламотомия, церебеллоталамическая трактометрия

**Для цитирования:** Холявин А.И., Песков В.А., Бергер А.О. Индивидуальная вариабельность денаторуброталамического тракта при планировании стереотаксических вмешательств у пациентов с тремором. Нейрохирургия 2024;26(1):54–64. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-54-64>

## The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor

**A.I. Kholyavin, V.A. Peskov, A.O. Berger***N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain, Russian Academy of Sciences; 9 Akademika Pavlova St., St. Petersburg 197376, Russia***Contacts:** Andrey Ivanovich Kholyavin [Kholyavin@mail.ru](mailto:Kholyavin@mail.ru)

**Background.** Stereotactic operations on the ventral-intermediate nucleus of the thalamus (Vim) and the posterior subthalamic area (PSA) are used for the surgical treatment of tremor. Since these structures are invisible in standard magnetic resonance imaging (MRI) regimes, indirect stereotactic guidance is mainly used during operations. MRI tractography allows taking into account the individual variability of the target structures for tremor, visualizing the target directly, but this technique has not yet entered the routine practice of preparing operations.

**Aim.** The aim of the work is to study the variability of the position of the dentato-rubro-thalamic tract (DRT), determined according to MRI tractography data, in relation to the main reference points for indirect stereotactic guidance, as well as to the visible landmarks on MRI in FGATIR mode, to assess the validity of the currently used methods of preparing operations in patients with tremor.

**Materials and methods.** Probabilistic MRI tractography of DRT based on the HARDY protocol was performed in 34 patients. Additionally, 3D T1 tomograms were obtained with axial slices with an isotropic voxel size equal to 1 mm, as well as FLAIR sagittal slices with a thickness of 1.12 and a pitch of 0.56 mm. Eleven patients additionally underwent a series of MRI sections according to the FGATIR program with a thickness of 1 mm, without an intersectional gap.

**Results.** A significant variability of the DRT position has been established both in the coordinate system of the anterior and posterior commissures, and in relation to standard targets for indirect stereotactic guidance. In addition, a visible interhemispheric asymmetry of the position of the tracts was revealed. The smallest degree of deviation from the tract was noted for the trajectories of deep brain stimulation electrodes implanted in the caudal zona incerta (cZI) at the level of the maximum diameter of the red nuclei. A high degree of correspondence between the tract and the target zone of prelemniscal radiations (Raprl) was also established on tomograms in the FGATIR mode.

**Conclusions.** The standard target points for the indirect targeting of Vim targets and the cerebello-thalamic tract in PSA give a deviation of more than 2 mm from DRT in almost half of patients. During the use of cZI as a standard target for indirect guidance in the treatment of tremor, the DRT is located at the zone of stereotactic impact at the level of the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> contact of the electrode in 76.5 % of cases. FGATIR mode allows visualizing the structure of Raprl, with stereotactic guidance on which the effect on the DRT can be achieved in 86.4 % of cases.

**Keywords:** stereotactic guidance, surgical treatment of tremor, magnetic resonance tractography, dentato-rubro-thalamic tract, deep brain stimulation, Vim-thalamotomy, cerebellothalamic tractotomy

**For citation:** Kholyavin A.I., Peskov V.A., Berger A.O. The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):54–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-54-64>

## ВВЕДЕНИЕ

Функциональные стереотаксические вмешательства (глубокая стимуляция мозга (deep brain stimulation (DBS) и стереотаксические деструкции) на вентрально-промежуточном ядре таламуса (ventral intermediate nucleus, Vim) и в задней субталамической области (posterior subthalamic area, PSA) являются эффективным методом лечения тремора [1, 2]. Причем хорошие результаты продемонстрированы не только у пациентов с болезнью Паркинсона и эссенциальным тремором, но и при других видах тремора (посттравматическом, дистоническом, треморе Холмса, при рассеянном склерозе и т.д.) [3]. В то же время указанные структуры-мишени неразличимы на стандартных последовательностях предоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ), поэтому в подавляющем большинстве случаев при операциях на них используют не прямое наведение на основе стереотаксических атласов. В качестве ориентиров для непрямого наведения обычно используют переднюю и заднюю комиссуры мозга, III желудочек, внутреннюю капсулу, а также соседние внутримозговые структуры, различимые на МРТ, — красное и субталамическое ядра [4, 5].

Вследствие индивидуальной вариабельности строения человеческого мозга не прямое стереотаксическое наведение обязательно дополняют интраоперационными нейробиологическими методиками (микро-

электродной записью, электростимуляцией, пробным нагревом или охлаждением в целевых точках) с коррекцией положения стереотаксического инструмента в мозге пациента по результатам пробных воздействий. При этом повторные введения инструмента в мозг могут сопровождаться увеличением травматичности вмешательства и повышением риска осложнений.

Согласно современным представлениям, патофизиология тремора определяется патологической синхронизацией разрядов нейронов, организованных в церебеллоталамокортикальный контур [6]. Стереотаксическое воздействие (деструкция или стимуляция) на структуры, задействованные в функционировании контура, приводит к десинхронизации активности нейронов и прекращению тремора. Многочисленные опубликованные работы указывают на возможность использования предоперационной визуализации деннаторуброталамического тракта (dentato-rubro-thalamic tract, DRT), через который реализуется патологическая активность церебеллоталамокортикального контура, для непосредственной маркировки вышеуказанных стереотаксических мишеней (Vim и PSA). Это служит обоснованием применения МРТ-трактографии для прямого стереотаксического наведения на данные целевые структуры и повышения точности операций с одновременным снижением их травматичности [4, 5, 7].

В то же время препятствиями для рутинного использования трактографии при планировании стереотаксических операций являются существенное удлинение и усложнение процедуры предоперационной подготовки, высокие требования к оборудованию (томографам и рабочим станциям для расчета трактов) [5, 8], необходимость наличия высококвалифицированных специалистов, осуществляющих построение трактов, а также недостаточная проработанность методики использования трактографии для стереотаксического наведения. С другой стороны, появляются публикации о возможности использования некоторых программ структурной МРТ, которые в перспективе могут служить альтернативой трактографии для прямого стереотаксического наведения на структуры-мишени для лечения тремора [5, 9].

**Цель исследования** — изучение вариабельности положения DRT, определенного по данным вероятностной МРТ-трактографии, по отношению к основным ориентирам для непрямого стереотаксического наведения, а также к структурам, видимым при МРТ в режиме FGATIR, для оценки обоснованности различных используемых в настоящее время методик подготовки стереотаксических операций у пациентов с тремором.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы данные МРТ-трактографии 34 пациентов в возрасте от 43 до 69 лет (средний возраст 59 лет), в том числе 19 мужчин и 15 женщин. Всем пациентам МРТ-исследование проводилось в рамках подготовки к предстоящему стереотаксическому вмешательству (у 31 пациента — в связи с болезнью Паркинсона, у 3 — по поводу спастической кривошеи).

Использовали томограф Philips Achieva 3 Тл. Для трактографии получали диффузионно-тензорные томограммы по протоколу HARDY с угловым разрешением 32, размером воксела  $1,75 \times 1,75 \times 1,75$  мм, фазовым кодированием AP, b-фактором 1000 с/мм<sup>2</sup>. При планировании срезов диффузионных томограмм в аксиальном направлении осуществляли наклон 20–40° кзади в зависимости от анатомии пациента, чтобы исключить негативное влияние артефактов от воздухоносных полостей носа. Для предотвращения двигательных артефактов, связанных с трудноконтролируемым тремором или дискинезиями у пациентов, томограммы получали в условиях иммобилизации шеи пластиковым воротником Шанца. Дополнительно получали анатомические томограммы головного мозга пациента в режимах T1 3D аксиальными срезами с изотропным размером воксела, равным 1 мм, а также FLAIR — сагитальными срезами толщиной 1,12 мм с шагом 0,56 мм. Одиннадцати пациентам также выполняли серию сагитальных срезов по программе FGATIR толщиной 1 мм, без межсрезового промежутка.

Реконструкцию положения трактов осуществляли методом вероятностной трактографии, как обеспечи-

вающей больше возможностей для восстановления пространственного хода волокон белого вещества [5], по протоколу CSD (Constrained spherical deconvolution) [10] для оценки распределения ориентации волокон (fibre orientation distribution, FOD). В работе использовали алгоритм SSST-CSD (Single-tissue CSD). Облачные вычисления проводили на серверном компьютере Института мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН с многоядерным CPU AMD Ryzen Threadripper 3970, имеющим 32 ядра центрального процессора с базовой частотой 3,7 Гц, с использованием программного обеспечения 3D-Slicer 4.10, MRtrix 3, FSL 6.0, ANTS, ITKSNAP 3.6.0 [8]. Типичная траектория реконструкции на основе трактограммы всего мозга в соответствии с анатомическим представлением хода волокон была следующей: тракты выходят из контралатерального зубчатого ядра мозжечка, переходят в противоположное полушарие на уровне верхней ножки мозжечка, а затем проходят медиально рядом с красным ядром и заканчиваются в области Vim таламуса [11]. Таким образом, выполняли построение «перекрещивающегося» DRT, составляющего основную (2/3) массу волоконocerebellоталамокортикального контура, в отличие от «неперекрещивающегося» DRT, идущего от ипсилатерального таламуса зубчатого ядра мозжечка и составляющего 1/3 волокон [12].

Далее осуществляли пространственную привязку данных вероятностной трактографии к системе координат передней и задней комиссур головного мозга пациента, построенной по результатам 3D-сканирования в режиме T1-взвешенных изображений. Анализ положения трактов по отношению к стереотаксической координатной системе и структурам мозга пациента проводили на навигационной станции Medtronic StealthStation S7 (США) с использованием программного комплекса Cranial, где выполняли трехплоскостную реконструкцию полученных томограмм, совмещение изображений при помощи встроенной программы стереотаксического планирования и подпрограммы StealthMerge и измерение координат в координатной системе передней и задней комиссур. Всего было проанализировано положение 68 DRT (в правом и левом полушариях 34 пациентов, включенных в исследование).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Положение геометрического центра («оси») DRT и вариабельность его расположения по отношению к стереотаксическим мишеням оценивали на 3 анатомических уровнях:

- 1) «нулевой» горизонтальный уровень стереотаксической координатной системы на уровне передней и задней комиссур, где проводится локализация стереотаксической мишени Vim [1, 3, 5];
- 2) горизонтальный уровень на 2 мм ниже передней и задней комиссур, где осуществляется стереотаксическое

планирование при церебеллоталамической трактомии в задней субталамической области [11];

- 3) горизонтальный срез на уровне максимального диаметра красных ядер, где проводят стереотаксическую локализацию каудальной неопределенной зоны (caudal zona incerta, cZI), являющейся одним из вариантов стереотаксической мишени при операциях на PSA у пациентов с тремором [2].

В табл. 1 отражены результаты измерений координат центра DRT на разных горизонтальных уровнях в системе координат передней и задней комиссур.

В табл. 2 представлены результаты измерения положения центра тракта по отношению к наиболее часто используемым ориентирам для непрямого наведения на «стандартную» стереотаксическую мишень Vim (медиальная стенка III желудочка, задняя

комиссура мозга) [3, 5] и на целевую точку для стереотаксической церебеллоталамической трактомии в PSA на горизонтальном уровне на 2 мм ниже плоскости передней и задней комиссур по методике M.N. Galla и соавт. [11].

Как видно из табл. 1, 2, на уровне «нулевой» горизонтальной плоскости среднее значение координат трактов достаточно точно соответствует координате Vim, взятой из стереотаксического атласа ( $X = 14, Y = -5,5, Z = 0$ ) (по всем 3 координатам различие статистически незначимо,  $p > 0,05$ ). Для положения «стандартной» целевой точки по наиболее распространенной методике не прямой стереотаксической локализации ядра Vim – 11 мм кнаружи от стенки III желудочка и 1/4 межкомиссурального расстояния (6–7 мм) кпереди от задней комиссуры – нет статистически значимых различий

**Таблица 1.** Координаты центра дентаторуброталамического тракта на срезах магнитно-резонансных томограмм в системе координат передней и задней комиссур, средние значения и стандартные отклонения, мм

**Table 1.** Coordinates of the center of the dentato-rubro-thalamic tract on magnetic resonance imaging slices in the coordinate system of the anterior and posterior commissures, mean  $\pm$  SD, mm

Горизонтальный уровень Horizontal level	Координаты трактов в обоих полушариях Coordinates of tracts in both hemispheres			Координаты трактов справа Coordinates of the tracts of the right hemisphere			Координаты трактов слева Coordinates of the tracts of the left hemisphere		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
«Нулевой» “Zero”	14,1 $\pm$ 2,5	-5,6 $\pm$ 1,7	0	13,8 $\pm$ 2,6	-5,7 $\pm$ 1,8	0	14,3 $\pm$ 2,4	-5,5 $\pm$ 1,4	0
На 2 мм ниже уровня комиссур 2 mm below the level of commissures	11,2 $\pm$ 1,8	-6,7 $\pm$ 1,6	-2	10,9 $\pm$ 2,1	-6,7 $\pm$ 1,6	-2	11,4 $\pm$ 1,9	-6,6 $\pm$ 1,5	-2
Уровень максимального диаметра красных ядер The level of the maximum diameter of the red nuclei	7,8 $\pm$ 2,4	-8,1 $\pm$ 1,5	-5,0 $\pm$ 0,6	8,0 $\pm$ 1,3	-7,8 $\pm$ 1,6	-5,0 $\pm$ 0,6	7,6 $\pm$ 3,2	-8,4 $\pm$ 1,3	-5,0 $\pm$ 0,6

**Таблица 2.** Расстояния между центром дентаторуброталамического тракта (DRT) и III желудочком, центром DRT и задней комиссурой мозга на «нулевом» горизонтальном уровне, а также между центром DRT и III желудочком на горизонтальном уровне 2 мм ниже плоскости передней и задней комиссур, средние значения и стандартные отклонения, мм

**Table 2.** Distances of the dentato-rubro-thalamic (DRT) centers from the wall of 3<sup>rd</sup> ventricle and the posterior commissure of the brain at the “zero” horizontal level, and also distances of the DRT centers from the 3<sup>rd</sup> ventricle at a horizontal level 2 mm below the plane of the anterior and posterior commissures, mean  $\pm$  SD, mm

Структура Structure	Тракты в обоих полушариях Tracts in both hemispheres	Тракты левого полушария Tracts of the left hemisphere	Тракты правого полушария Tracts of the right hemisphere
Стенка III желудочка на «нулевом» срезе Wall of the 3 <sup>rd</sup> ventricle at the “zero” level	10,9 $\pm$ 1,9	11,0 $\pm$ 2,2	10,8 $\pm$ 2,2
Задняя комиссура на «нулевом» срезе Posterior commissure at the “zero” level	7,2 $\pm$ 1,6	7,2 $\pm$ 1,4	7,1 $\pm$ 1,8
Стенка III желудочка на срезе 2 мм ниже межкомиссуральной линии Wall of the 3 <sup>rd</sup> ventricle at the level 2 mm below the intercommissural line	9,3 $\pm$ 1,5	9,4 $\pm$ 1,4	9,1 $\pm$ 1,7

в отношении расстояния от III желудочка ( $p = 0,9527$ ). При этом есть небольшое, но статистически значимое отклонение тракта кпереди от этой точки в среднем на 0,7 мм ( $p = 0,00132$ ). На уровне на 2 мм ниже плоскости передней и задней комиссур средние значения положения DRT располагались кнаружи и кзади по отношению к целевой точке церебеллоталамического тракта (СТТ), рекомендованной для церебеллоталамической трактомики (8 мм латеральнее стенки III желудочка и 5–6 мм кзади от середины межкомиссурального расстояния) [11], и это различие было статистически значимым ( $p < 0,0001$  для обеих координат).

Также отмечена высокая вариабельность положения DRT. Даже у одного и того же пациента положение тракта (по сравнению с симметричной точкой в противоположном полушарии) отличалось в среднем на  $2,3 \pm 1,2$  мм на уровне «нулевой» горизонтальной плоскости, на  $2,1 \pm 1,1$  мм — на уровне на 2 мм ниже ее и на  $1,6 \pm 1,1$  мм — на уровне максимального размера красных ядер. При этом статистической значимости в разнице положения трактов правого и левого полушарий для всех координат на всех уровнях не отмечено ( $p > 0,05$ ).

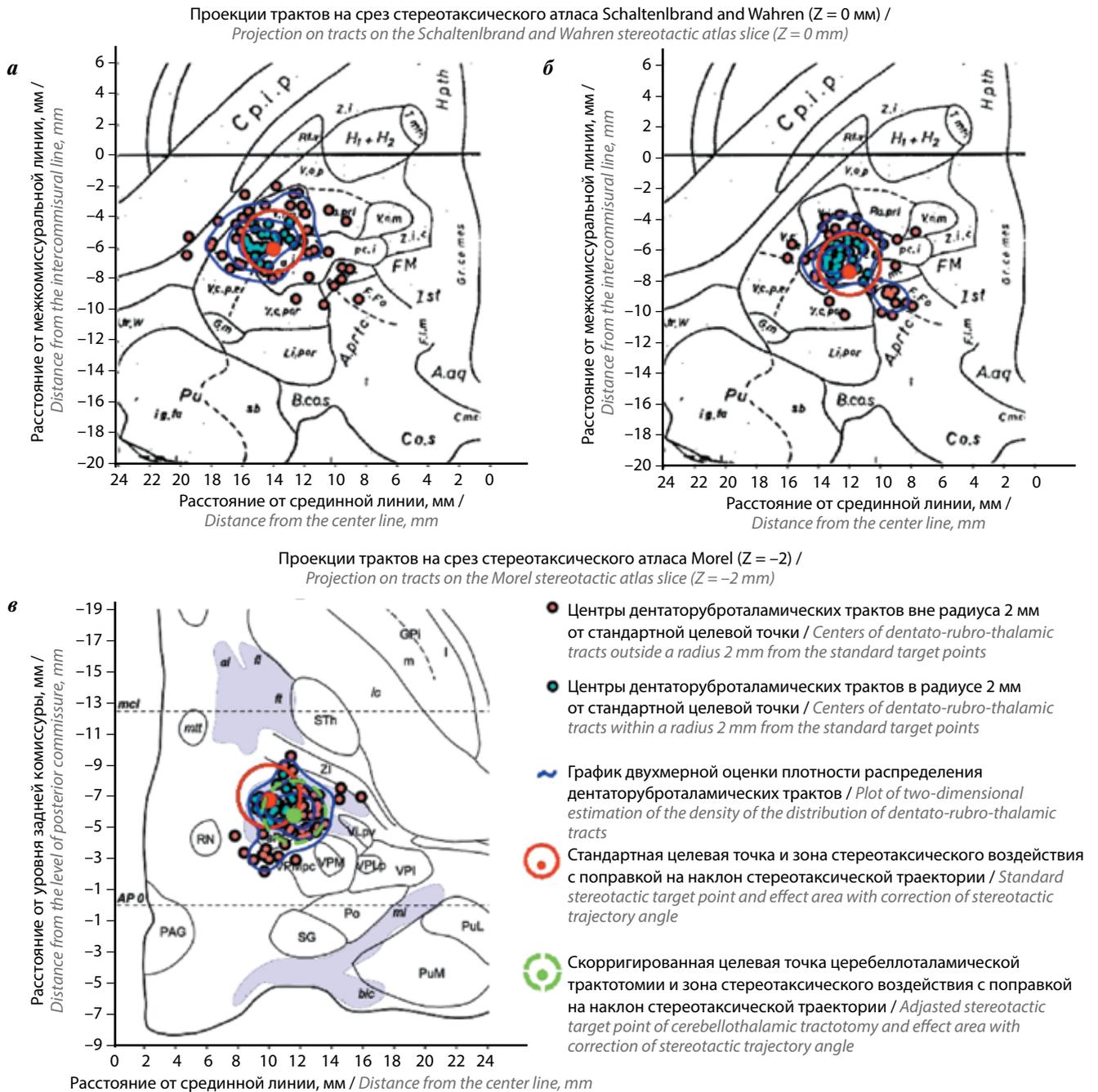
Оценку клинической значимости вариабельности тракта осуществляли по уровню отклонения положения его центра от «стандартных» целевых точек. Значимым для стереотаксической операции считали отклонение центра тракта более чем на 2 мм от целевой точки, поскольку именно такое расхождение между целевой точкой и реальным положением электрода обычно считается «пороговым» при принятии решения о необходимости коррекции позиции электрода во время операций по имплантации системы DBS [13]. Расстояние между отдельными электродами в системе VenGun для интраоперационной микроэлектродной записи тоже составляет 2 мм. Кроме того, результирующая погрешность большинства стереотаксических рам (включая инструментальную погрешность, погрешность томографа, интраоперационный brain shift и т.д.) также находится в пределах этой величины [14].

Анализ индивидуального расположения 68 DRT на «нулевом» горизонтальном уровне у пациентов показал, что в случае наведения на Vim по атласу лишь в 28 (41,7 %) случаях тракты располагались в пределах радиуса 2 мм от целевой точки (рис. 1, а) (целевая точка на горизонтальном срезе располагается не в центре окружности с радиусом 2 мм, а несколько кзади, с учетом того, что стереотаксическая траектория из доступа в лобной области имеет наклон в 55–70° по отношению к плоскости передней и задней комиссур [15]). При использовании рекомендованной «стандартной» целевой точки Vim, рассчитанной по отношению к стенке III желудочка и задней комиссуре, тракты в пределах 2 мм от нее располагались в 35 (51,5 %) случаях (рис. 1, б).

На уровне 2 мм ниже комиссур при использовании «стандартной» мишени СТТ для церебеллоталамической трактомики центры трактов располагались в пределах 2 мм от целевой точки в 24 (35,3 %) случаях. Однако, если на этом уровне сместить «стандартную» мишень в целевую точку, располагающуюся на 9,3 мм латеральнее стенки III желудочка и на 6,7 мм кзади от середины межкомиссурального расстояния (в соответствии со средними значениями координат DRT, см. табл. 1), то число трактов, располагающихся в пределах 2-миллиметровой зоны от целевой точки, возрастает до 42 (61,8 %) (рис. 1, в).

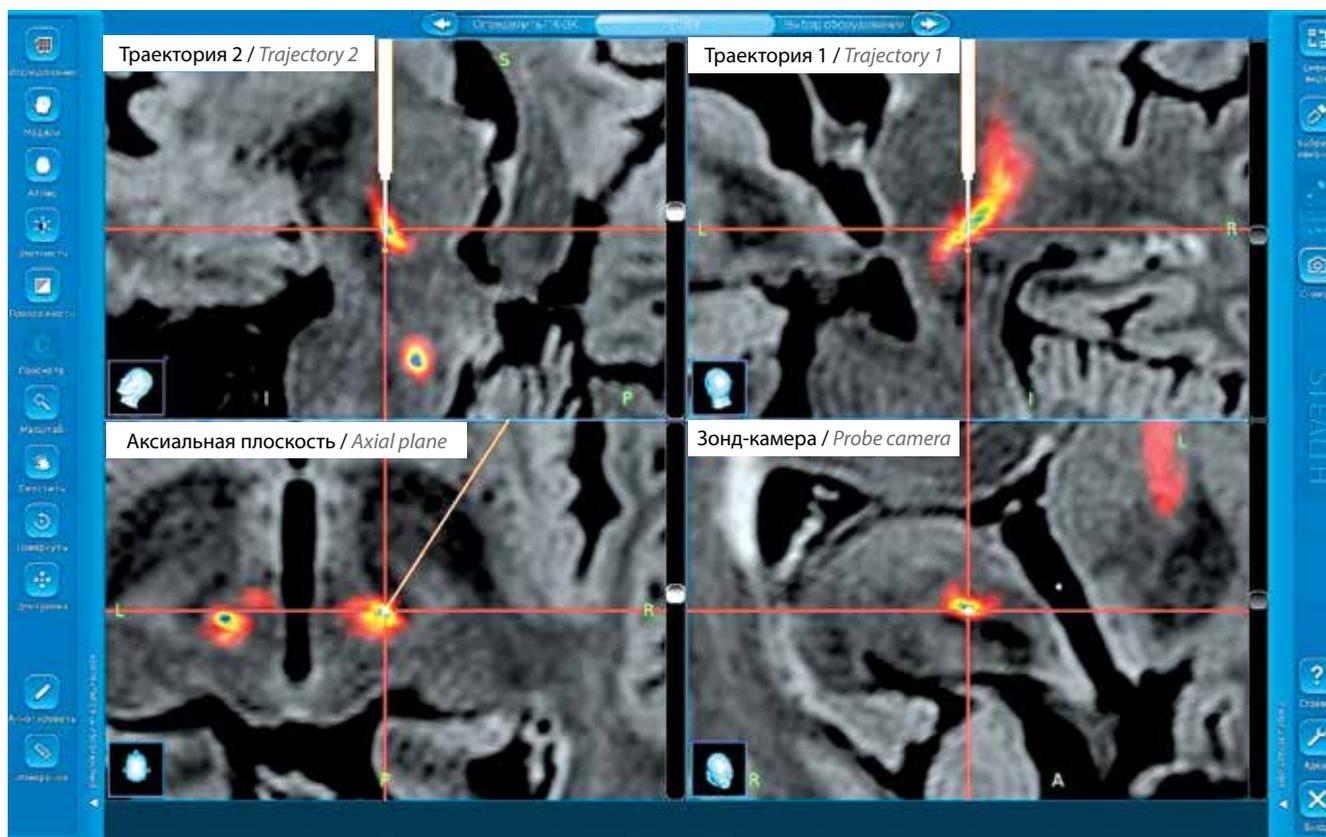
На уровне максимального диаметра красных ядер расстояние от мишени cZI до центра DRT составило  $3,7 \pm 1,0$  мм, почти у всех пациентов располагаясь за пределами 2-миллиметровой зоны от целевой точки. Положение cZI на горизонтальном MPT-срезе на этом уровне определяли по методу Blomstedt как точку на границе 1/3 и 2/3 поперечного отрезка, соединяющего заднюю часть субталамического ядра и наружную часть красного ядра в месте его максимального диаметра [2, 16]. Дополнительно была проведена оценка расстояния от тракта до траектории введения электрода DBS в мишень cZI, смоделированной с учетом общепринятых принципов (фрезевое отверстие в пределах 1,5 см кпереди от коронального шва, входная точка находится на гребне извилины, траектория не должна пересекать боковые желудочки мозга и борозды коры) [2, 7, 15]. Установлено, что на уровне «нулевой» горизонтальной плоскости расстояние от центра DRT до электрода составляет в среднем  $2,5 \pm 1,4$  мм, а на уровне 2 мм ниже «нулевой» горизонтальной плоскости —  $1,8 \pm 1,1$  мм. Если для каждой траектории брать минимальное расстояние до DRT на любом из уровней, то оно составляет  $1,6 \pm 1,0$  мм. Из 68 траекторий лишь в 18 случаях минимальное расстояние до тракта превышало 2 мм, тогда как в 52 (76,5 %) случаях оно находилось в пределах этой величины (рис. 2), что объясняет отмеченную в литературе высокую эффективность мишени.

Дополнительно у 11 пациентов, которым были выполнены томограммы в режиме FGATIR, определяли координаты центра зоны гипоинтенсивного сигнала крыловидной формы, располагающейся латерально по отношению к верхней части красного ядра в его средних отделах. По мнению ряда авторов [9, 17], эта зона соответствует «прелемнисковой радиации» (prelemniscal radiations, Rap1), входящей в структуру PSA, включающей в себя волокна DRT и также являющейся стереотаксической структурой-мишенью при хирургическом лечении тремора [18]. Также определяли координаты центра DRT на уровне, соответствующем уровню центра зоны гипоинтенсивного сигнала (от 0 до 2,8 мм ниже плоскости передней и задней комиссур). Расхождение между этими точками у пациентов было статистически незначимым ( $p > 0,05$  для



**Рис. 1.** Вариабельность расположения дентаторуброталамического тракта (DRT) на «нулевом» горизонтальном уровне, выраженная в стереотаксической системе координат (а) и по отношению к стереотаксическим ориентирам – стенке III желудочка и задней коммиссуры (б). Координаты стандартной целевой точки – вентрально-промежуточного ядра таламуса (Vim): X = 14, Y = -5,5, Z = 0 (а); X = 11 мм латеральнее стенки III желудочка, Y = 1/4 расстояния между передней и задней коммиссурами кпереди от задней коммиссуры, Z = 0 (б). Вариабельность расположения DRT на горизонтальном срезе на 2 мм ниже плоскости передней и задней коммиссур, по отношению к стенке III желудочка и середине межкоммиссуральной линии (в). Координаты целевой точки церебеллоталамического тракта (СТТ) для церебеллоталамической трактомии согласно M.N. Gallaу (обозначена красным цветом): X – 8 мм латеральнее стенки III желудочка, Y – 5,5 мм кзади от середины межкоммиссуральной линии, Z = -2. Координаты скорректированной целевой точки (зеленый цвет): X – 9,3 мм латеральнее стенки III желудочка, Y – 6,7 мм кзади от середины межкоммиссуральной линии, Z = -2

**Fig. 1.** Variability of the dentato-rubro-thalamic (DRT) location at the “zero” horizontal level, expressed in stereotactic coordinate system (a) and in relation to stereotactic landmarks – the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle and the posterior commissure (b). Coordinates of the standard ventral-intermediate nucleus (Vim) target point: X = 14, Y = -5.5, Z = 0 (a); X = 11 mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle, Y = 1/4 of the distance between the anterior and posterior commissures anteriorly from the posterior commissure, Z = 0 (b). Variability of the location of the DRT on a horizontal level 2 mm below the plane of the anterior and posterior commissures, relative to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle and the middle of the intercommissural line (c). Coordinates of the target point of cerebellothalamic tract (CTT) for cerebellothalamic tractotomy according to M.N. Gallaу (indicated in red): X – 8 mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle, Y – 5.5 mm posteriorly from the middle of the intercommissural line, Z = -2. Coordinates of the corrected target point (green): X – 9.3 mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle, Y – 6.7 mm posteriorly from the middle of the intercommissural line, Z = -2



**Рис. 2.** Магнитно-резонансная томография в режиме FLAIR с наложением вероятностной трактографии дентаторуброталамического тракта (DRT). Экран навигационной станции Medtronic StealthStation S7. Моделирование траектории электрода для глубокой стимуляции мозга, введенного в целевую точку каудальной неопределенной зоны (cZI). На расстоянии 2–5 мм от целевой точки у большинства пациентов электрод тесно прилежит к DRT

**Fig. 2.** FLAIR magnetic resonance imaging with the superposition of the probabilistic magnetic resonance tractography of dentato-rubro-thalamic tract (DRT). Screenshot from the Medtronic StealthStation S7 navigation station. Simulation of the trajectory of the deep brain stimulation electrode inserted into the caudal zona incerta (cZI) target point. At a distance of 2–5 mm from the target point, the electrode is closely attached to the DRT in most patients

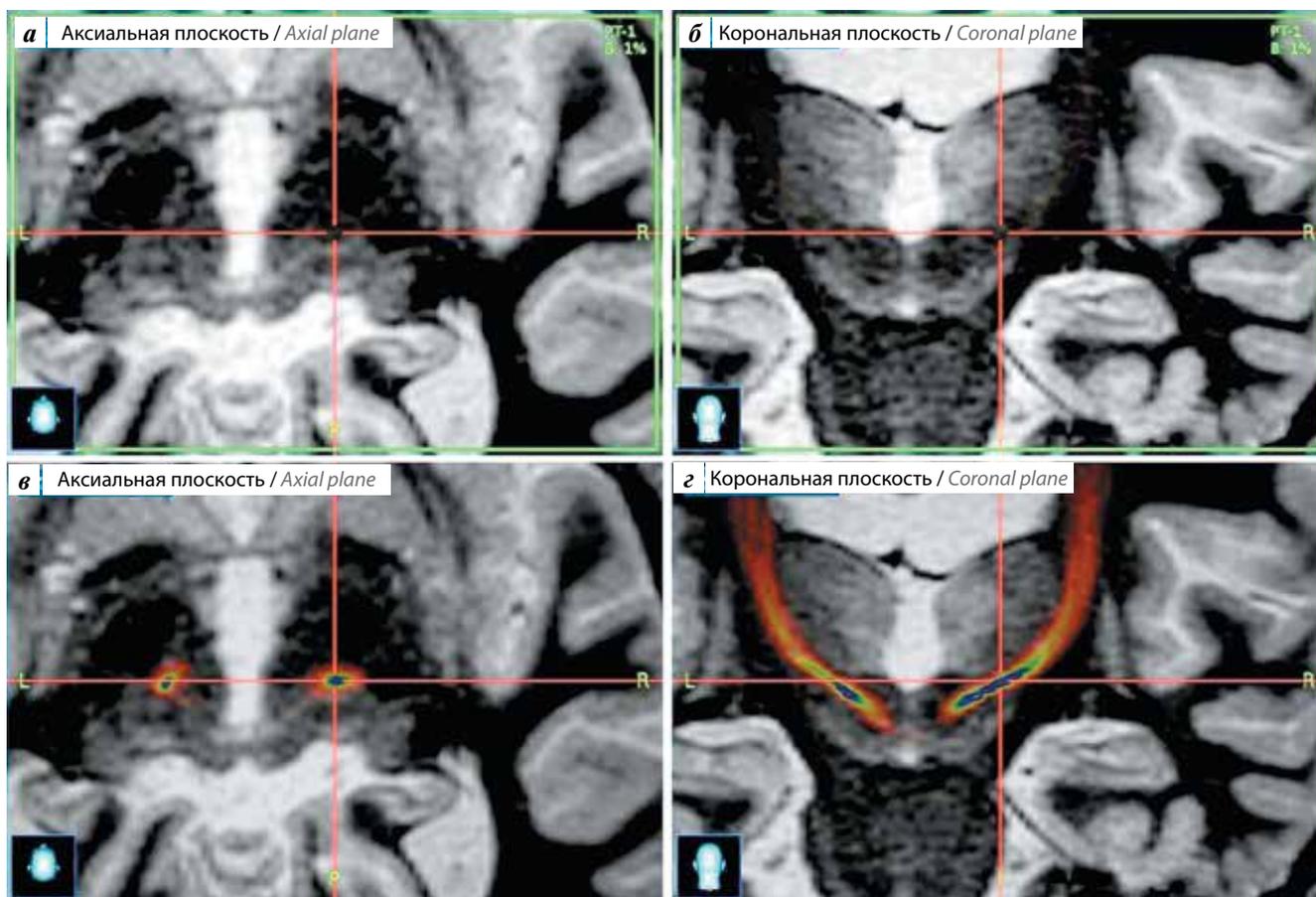
всех координат) и незначительным по своей величине ( $1,3 \pm 1,1$  мм), причем 19 (86,4 %) из 22 трактов правого и левого полушария мозга у этой группы пациентов располагались в пределах 2 мм от центра гипоинтенсивной зоны (рис. 3). Графики Бленда–Альтмана и стандартные отклонения для мишеней приведены на рис. 4.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Структуры таламуса и субталамической области – практически единственные стереотаксические мишени, визуализация которых при МРТ затруднена и которые до настоящего времени являются объектами для непрямого стереотаксического наведения. Тем не менее имеется достаточно много работ по поиску программ МРТ, позволяющих локализовать данные мишени напрямую. Использование последовательности, взвешенной по протонной плотности, в отличие от T1- и T2-взвешенных изображений позволяет четко локализовать латеральную границу таламуса (в том числе ядра Vim) и, таким образом, предотвратить нежелательное введение инструмента во внутреннюю капсу-

лу. Однако границы между ядрами внутри таламуса на томограммах не видны, несмотря на то что гистологические исследования подтверждают морфологические различия между ними [19]. По-видимому, это связано с тем, что, в отличие от, например, бледного шара, отдельные ядра таламуса не отделены друг от друга пластинками белого вещества [9]. Были предложены и другие последовательности (SWI, STIR, T2-взвешенные изображения с использованием сверхвысокопольной МРТ и т. д. [5, 9]), однако все эти методики не нашли широкого применения. Возможно, это объясняется сложностью методик и недостаточным количеством работ, достоверно доказывающих их клинические преимущества по сравнению со стандартно используемым методом непрямо́й локализации Vim [5].

Благодаря исследованиям, раскрывающим рольocerebellotalamocortical контура в патофизиологии тремора, в настоящее время господствует концепция, в соответствии с которой эффект при стереотаксическом лечении тремора определяется именно воздействием непосредственно на DRT на уровне Vim или



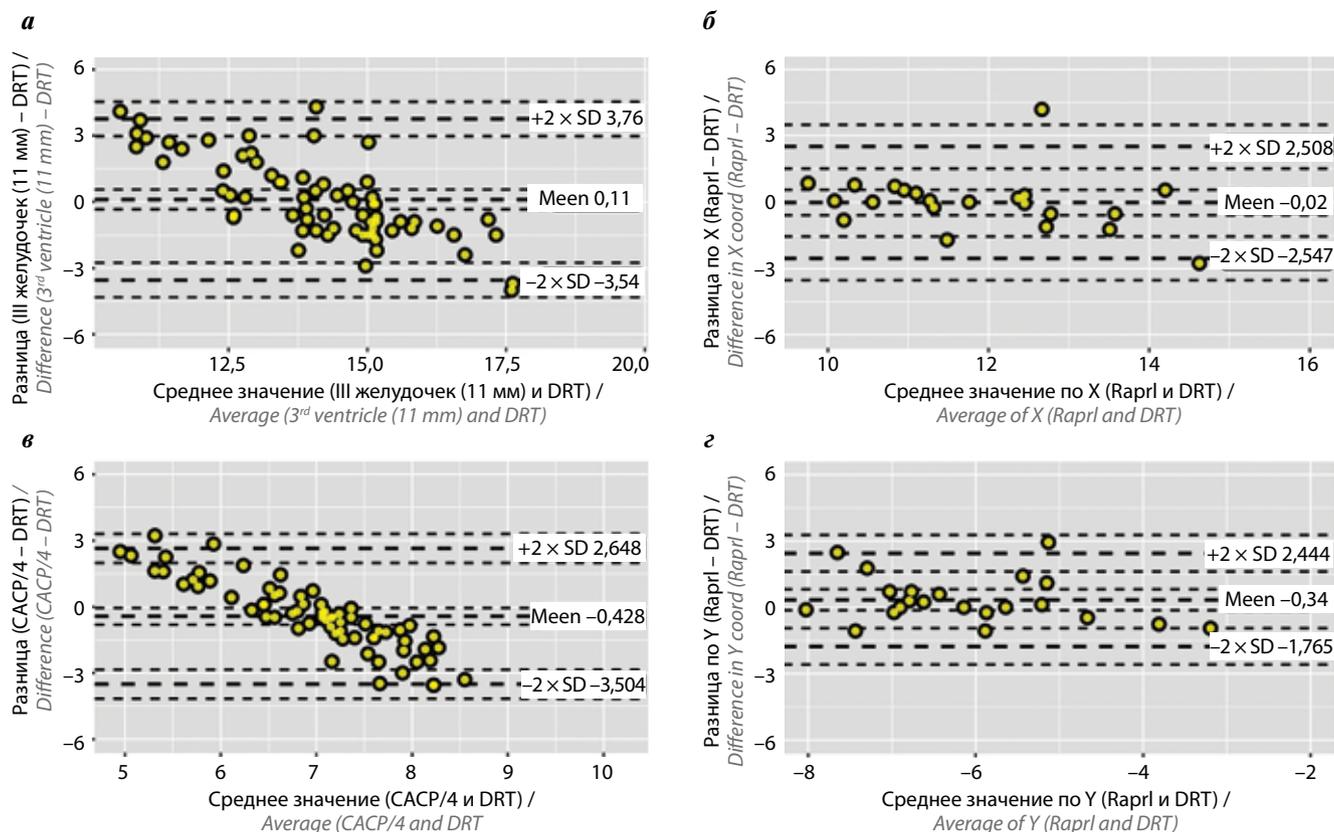
**Рис. 3.** Магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга в режиме FGATIR, окно программы Cranial Medtronic StealthStation S7: структурная МРТ (а, б) и наложение МРТ-трактографии дентаторуброталамического тракта (DRT) на структурную МРТ (в, г); реконструкция МРТ в аксиальной плоскости (а, в) и корональной плоскости (б, г). Гипоинтенсивная зона латерально по отношению к верхним отделам красного ядра соответствует прохождению DRT. Перекрестие соответствует центру гипоинтенсивной зоны

**Fig. 3.** Magnetic resonance imaging (MRI) of the brain in FGATIR mode, the window of the Cranial Medtronic StealthStation S7 program: structural MRI (a, б) and the superimposition of dentato-rubro-thalamic tract (DRT) MRI tractography on structural MRI (в, г); MRI reconstruction in the axial plane (a, в) and in the coronal (б, г). The hypointensive zone laterally to the upper parts of the red nucleus corresponds to the passage of the DRT. The crosshair corresponds to the center of the hypointensive zone

PSA [5, 6, 20]. Следовательно, визуализация данного тракта и должна лежать в основе прямого стереотаксического наведения на мишени у пациентов с тремором. В последние годы интенсивно изучается роль МРТ-трактографии при подготовке операций у этой группы больных [4–8, 15, 20–25]. Множество публикаций посвящено изучению детерминированной и вероятностной трактографии. Ряд авторов считают, что вероятностная трактография является более точной по сравнению с детерминированной, поскольку последняя учитывает только одно направление диффузии для каждого вокселя, что является источником ошибок при реконструкции пересекающихся, ветвящихся и касающихся друг друга трактов [5, 13]. В то же время вероятностная трактография, основанная на более сложных алгоритмах, требует длительных вычислений (12–32 ч по сравнению с 11–18 мин для детерминированной трактографии) и более чувствительна к двигательным артефактам [5, 13]. Мы использовали

дополнительную иммобилизацию пациента и вычисления, основанные на облачных технологиях, что позволило осуществить более быструю и точную реконструкцию хода трактов.

Ранее было показано, что эффект DBS при треморе напрямую зависит от расстояния активного контакта электрода до DRT [5, 7, 21]. Однако методики стереотаксического планирования с использованием трактографии по ряду вышеуказанных причин пока еще не вошли в широкую практику подготовки операций. Поэтому актуальным является вопрос вариативности трактов по отношению к обычно используемым стереотаксическим мишеням. В данной работе мы не исследовали эффективность воздействия на DRT; ставилась задача оценить значимость его индивидуальной вариативности. Лишь некоторые публикации говорят о стабильном положении DRT по отношению к стандартной целевой точке Vim [20, 22]. Большинство авторов указывают на широкую вариативность трактов



**Рис. 4.** Графики Бленда–Альтмана: сравнение положения координат X и Y дентаторуброталамического тракта (DRT) с наиболее часто используемой мишенью для непрямой локализации – вентрально-промежуточным ядром таламуса (Vim) (11 мм латерально от III желудочка, 1/4 расстояния между передней и задней комиссурами кпереди от задней комиссуры) (а, б), а также целевой точкой, рассчитанной по центру максимальной гипоинтенсивности сигнала в субталамической области (Raprl) на магнитно-резонансных томограммах в режиме FGATIR (в, г). Показатели вариабельности для целевой точки Raprl существенно ниже

**Fig. 4.** Blend–Altman plots: comparison of the position of the stereotactic coordinates of the dentato-rubro-thalamic tract (DRT) with the most commonly used target for indirect localization ventral intermediate nucleus (Vim) (11 mm lateral to 3<sup>rd</sup> ventricle, 1/4 of the distance between anterior and posterior commissure anterior to the posterior one) (a, б), and the target point calculated from the center of maximum hypointensity signal in the subthalamic region (Raprl) on FGATIR magnetic resonance images (в, г). The variability indices for the target point Raprl are significantly lower

как по отношению к мишени, взятой из атласа, так и по отношению к стандартной целевой точке, рассчитанной по отношению к III желудочку и задней комиссуре. Это можно объяснить, например, тем, что структуры таламуса могут располагаться более латерально при расширении III желудочка. Однако этого может не происходить при атрофии таламуса, при которой расширение желудочка происходит “*ex vacuo*”. Кроме того, при увеличении расстояния между передней и задней комиссурами граница между вентральнокаудальным ядром таламуса и Vim может смещаться не кпереди, а кзади [15]. F. Ferreira и соавт. указывают на межполушарную асимметрию расположения трактов, причем в левом полушарии тракты располагаются достоверно кзади и латерально, что отражает функциональную асимметрию полушарий у здоровых лиц [13]. В нашем исследовании также отмечена асимметрия трактов у всех пациентов, однако вектор смещения был разнонаправленным. По-видимому, это связано с тем, что работа F. Ferreira и соавт. основана на изучении здоровых субъектов,

тогда как в основу нашего исследования легли томограммы пациентов с нейродегенеративными заболеваниями, что в большей степени отражает картину, наблюдаемую при подготовке реальных стереотаксических операций.

Результаты как нашей работы, так и ряда других указывают на высокую степень вариабельности положения DRT по отношению к стандартным мишеням при подготовке стереотаксических операций у пациентов с тремором. Поскольку возможность рутинного использования МРТ-трактографии (особенно вероятностной) при подготовке стереотаксических операций остается дискуссионной, высокоактуален поиск новых МРТ-программ для прямой визуализации мишеней. В этом отношении, возможно, перспективной является программа FGATIR, которая позволяет визуализировать структуру Raprl, также являющуюся звеном вocerebellоталамокортикальном контуре, через который реализуется патологическая система тремора, и используемую для лечения тремора рядом авторов наряду с мишенями Vim и cZI [18, 25]. Кроме DRT,

в состав структуры Rap1 также входят волокна, соединяющие орбитофронтальную кору, средний мозг, бледный шар, субталамическое ядро, ствольные структуры и ретикулярную формацию [18, 24].

В основе появления гипоинтенсивного сигнала в зоне Rap1 в задней субталамической области латерально от красного ядра при МРТ может лежать слияние перекрещивающегося и неперекрещивающегося DRT, что приводит к локальному увеличению миелинизации в этой зоне [24]. Наша работа подтверждает высокую степень соответствия этого непосредственно визуализируемого при МРТ участка и прохождения DRT на этом уровне, что дает основания считать полезной эту МРТ-последовательность при планировании стереотаксических операций при треморе, однако требуются дальнейшие исследования с оценкой клинического эффекта вмешательств, основанных на данной методике стереотаксического наведения.

## ВЫВОДЫ

Данные вероятностной МРТ-трактографии показывают, что при использовании стандартных методик

непрямого стереотаксического наведения на структуры Vim и СТТ во время операций воздействие на DRT может быть достигнуто не более чем в 61,8 % случаев.

Среди методик непрямого стереотаксического наведения у пациентов с тремором в наибольшей степени задействовать DRT позволяет метод Blomstedt с введением электродов для DBS в каудальную неопределенную зону. Если ввести дистальный конец электрода в стандартную целевую точку cZI, то на расстоянии 2–5 мм проксимальнее (что соответствует 2-й или 3-й контактной поверхности электрода) DRT будет находиться в зоне воздействия в 76,5 % случаев.

Режим МРТ FGATIR позволяет визуализировать структуру Rap1, располагающуюся в задней субталамической области на глубине от 0 до 2,8 мм ниже межкомиссуральной плоскости. При стереотаксическом наведении на данную мишень воздействие на DRT может быть достигнуто в 86,4 % случаев. Требуется проведение дальнейших исследований для изучения роли этой МРТ-последовательности при подготовке стереотаксических операций у пациентов с тремором.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гамалея А.А., Томский А.А., Бриль Е.В., Шабалов В.А. Электростимуляция глубоких структур головного мозга при экстрапирамидных заболеваниях. Принципы программирования. *Нервные болезни* 2012;4:55–62. Gamaleya A.A., Tomskiy A.A., Bril' E.V., Shabalov V.A. Electrical stimulation of the deep brain structures in extrapyramidal diseases. The principles of programming. *Nervniye bolezny = Neural Diseases* 2012;4:55–62. (In Russ.).
2. Blomstedt P., Sandvik U., Fytagoridis A., Tisch S. The posterior subthalamic area in the treatment of movement disorders: past, present, and future. *Neurosurgery* 2009;64(6):1029–38; discussion 1038–42. DOI: 10.1227/01.NEU.0000345643.69486.BC
3. Ramirez-Zamora A., Okun M.S. Deep brain stimulation for the treatment of uncommon tremor syndromes. *Expert Rev Neurother* 2016;16(8):983–97. DOI: 10.1080/14737175.2016.1194756
4. Páez-Nova M., Spiegelmann R., Korn-Israeli S. et al. Targeting the vim by direct visualization of the cerebello-thalamo-cortical pathway in 3 T proton density MRI: correlation with focused ultrasound lesioning. *Neurosurg Rev* 2022;45(3):2323–32. DOI: 10.1007/s10143-022-01752-0
5. Gravbrot N., Saranathan M., Pouratian N., Kasoff W.S. Advanced imaging and direct targeting of the motor thalamus and dentatorubro-thalamic tract for tremor: a systematic review. *Stereotact Funct Neurosurg* 2020;98(4):220–40. DOI: 10.1159/000507030
6. Van den Berg K.R.E., Helmich R.C. The role of the cerebellum in tremor – evidence from neuroimaging. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y)* 2021;11(1):49. DOI: 10.5334/tohm.660
7. Dembek T.A., Petry-Schmelzer J.N., Reker P. et al. PSA and VIM DBS efficiency in essential tremor depends on distance to the dentatorubrothalamic tract. *Neuroimage Clin* 2020;26:102235. DOI: 10.1016/j.nicl.2020.102235
8. Песков В.А., Холявин А.И., Богдан А.А. Стереотаксическое наведение на глубинные структуры головного мозга с использованием методов вероятностной МР-трактографии. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал* 2019;2(20):322–35. Peskov V.A., Kholyavin A.I., Bogdan A.A. Stereotactic guidance to the deep brain structures using the methods of the probabilistic MRI tractography. *Medline.ru. Rossijskiy biomeditsinskiy zhurnal = Medline.ru. Russian Biomedical Journal* 2019;2(20):322–35. (In Russ.).
9. Tao S., Zhou X., Westerhold E.M. et al. Optimization of fast gray matter acquisition T1 inversion recovery (FGATIR) on 7T MRI for deep brain stimulation targeting. *NeuroImage* 2022;252:119043. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.119043
10. Tourmier J.-D., Calamante F., Connelly A. Robust determination of the fibre orientation distribution in diffusion MRI: non-negativity constrained super-resolved spherical deconvolution. *NeuroImage* 2007;35(4):1459–72. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.02.016
11. Gallay M.N., Jeanmonod D., Liu J., Morel A. Human pallidothalamic and cerebellothalamic tracts: anatomical basis for functional stereotactic neurosurgery. *Brain Struct Funct* 2008;212(6):443–63. DOI: 10.1007/s00429-007-0170-0
12. Tsuboi T., Wong J.K., Eisinger R.S. et al. Comparative connectivity correlates of dystonic and essential tremor deep brain stimulation. *Brain* 2021;144(6):1774–86. DOI: 10.1093/brain/awab074
13. Ferreira F., Akram H., Ashburner J. et al. Ventralis intermedialis nucleus anatomical variability assessment by MRI structural connectivity. *NeuroImage* 2021;238:118231. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2021.118231
14. Maciunas R.J., Galloway R.L. Jr., Latimer J.W. The application accuracy of stereotactic frames. *Neurosurgery* 1994;35(4):682–94; discussion 694–5. DOI: 10.1227/00006123-199410000-00015
15. Fenoy A.J., Schiess M.C. Deep brain stimulation of the dentatorubro-thalamic tract: outcomes of direct targeting for tremor. *Neuromodulation* 2017;20(5):429–36. DOI: 10.1111/ner.12585
16. Eisinger R.S., Wong J., Almeida L. et al. Ventral intermediate nucleus versus zona incerta region deep brain stimulation in essential tremor. *Mov Disord Clin Pract* 2018;5(1):75–82. DOI: 10.1002/mdc3.12565
17. Bot M., Pauwels R., van den Munckhof P. et al. The fast gray matter acquisition T1 inversion recovery sequence in deep

- brain stimulation: introducing the rubral wing for dentato-rubro-thalamic tract depiction and tremor control. *Neuromodulation* 2023;26(8):1705–13. DOI: 10.1016/j.neurom.2021.11.015
18. Navarro-Olvera J.L., Diaz-Martinez J.A., Covalada-Rodríguez J.C., Carrillo-Ruiz J.D. Radiofrequency ablation of prelemniscal radiations for the treatment of non-parkinsonian tremor. *Stereotact Funct Neurosurg* 2020;98(3):160–6. DOI: 10.1159/000505699
  19. Ilinsky I., Horn A., Paul-Gilloteaux P. et al. Human motor thalamus reconstructed in 3D from continuous sagittal sections with identified subcortical afferent territories. *eNeuro* 2018;5(3): ENEURO.0060-18.2018. DOI: 10.1523/ENEURO.0060-18.2018
  20. Chazen J.L., Sarva H., Stieg P.E. et al. Clinical improvement associated with targeted interruption of the cerebellothalamic tract following MR-guided focused ultrasound for essential tremor. *J Neurosurg* 2018;129(2):315–23. DOI: 10.3171/2017.4.JNS162803
  21. Middlebrooks E.H., Domingo R.A., Vivas-Buitrago T. et al. Neuroimaging advances in deep brain stimulation: review of indications, anatomy, and brain connectomics. *AJNR* Am J Neuroradiol 2020;41(9):1558–68. DOI: 10.3174/ajnr.A6693
  22. O'Halloran R.L., Chartrain A.G., Rasouli J.J. et al. Case study of image-guided deep brain stimulation: magnetic resonance imaging-based white matter tractography shows differences in responders and nonresponders. *World Neurosurg* 2016;96:613.e9–16. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.103
  23. Parras O., Domínguez P., Tomás-Biosca A., Guridi J. [The role of tractography in the localization of the Vim nucleus of the thalamus and the dentato-rubro-thalamic tract for the treatment of tremor (In English, Spanish)]. *Neurologia (Engl Ed)* 2022;37(8):691–9. DOI: 10.1016/j.nrl.2019.09.006
  24. Neudorfer C., Kroneberg D., Al-Fatly B. et al. Personalizing deep brain stimulation using advanced imaging sequences. *Ann Neurol* 2022;91(5):613–28. DOI: 10.1002/ana.26326
  25. García-Gomar M.G., Soto-Abraham J., Velasco-Campos F., Concha L. Anatomic characterization of prelemniscal radiations by probabilistic tractography: implications in Parkinson's disease. *Brain Struct Funct* 2017;222(1):71–81. DOI: 10.1007/s00429-016-1201-5

#### Вклад авторов

А.И. Холявин: разработка концепции исследования, написание текста статьи;  
 В.А. Песков: разработка протокола сканирования МРТ и трактографии, реконструкция трактов, подготовка иллюстраций;  
 А.О. Бергер: обработка данных.

#### Author's contribution

A.I. Kholiyavin: development of the research concept, writing the text of the article;  
 V.A. Peskov: development of an MRI and tractography scanning protocol, reconstruction of tracts, preparation of illustrations;  
 A.O. Berger: data processing.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

А.И. Холявин / A.I. Kholiyavin: <https://orcid.org/0000-0003-1934-5458>  
 В.А. Песков / V.A. Peskov: <https://orcid.org/0000-0002-2918-2771>  
 А.О. Бергер / A.O. Berger: <https://orcid.org/0000-0002-1049-7765>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование проведено в рамках государственного финансирования научно-исследовательской работы ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева» Российской академии наук.

**Funding.** The study was performed within the framework of state funding for the research work of N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences.

#### Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по этике ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева» Российской академии наук (протокол от 14.07.2020). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

#### Compliance with patient rights and principles of bioethics

The research protocol was approved by the Ethics Committee of the N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences (protocol dated 14.07.2020). All patients gave written informed consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 27.12.2022. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article submitted:** 27.12.2022. **Accepted for publication:** 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-65-75>

# ВЕНОЗНЫЕ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ СРЕДНЕТЯЖЕЛОЙ И ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ

А.И. Хрипун<sup>1</sup>, А.Д. Прямиков<sup>1,2</sup>, С.А. Асратян<sup>2</sup>, М.В. Белков<sup>2</sup>, А.Б. Миронков<sup>1,2</sup>, В.С. Суряхин<sup>2</sup>,  
П.С. Есипов<sup>2</sup>, А.Л. Красников<sup>2</sup>, А.А. Чуркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1;

<sup>2</sup>ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница им. В.М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 115516 Москва, ул. Бакинская, 26

**Контакты:** Александр Дмитриевич Прямиков [pryamikov80@rambler.ru](mailto:pryamikov80@rambler.ru)

**Введение.** Черепно-мозговая травма (ЧМТ) остается большой проблемой современной нейрохирургии, сопровождаемая высокими показателями инвалидизации и летальности. Значительную долю в структуре смертности при этой патологии занимают венозные тромбоэмболические осложнения (ВТЭО), включающие венозный тромбоз и тромбоэмболию легочной артерии (ТЭЛА). Режимы и схемы медикаментозной профилактики ВТЭО при ЧМТ, как и соответствующие профилактические подходы, на сегодняшний день окончательно не определены.

**Цель исследования** – выявить частоту ВТЭО при изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, оценить результаты профилактики и лечения ВТЭО у пациентов данной категории.

**Материалы и методы.** За 3-летний период (с 2020 по 2023 г.) в Городской клинической больнице им. В.М. Буянова пролечены 73 пациента с изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, в том числе 51 мужчина и 22 женщины (средний возраст  $61,0 \pm 13,0$  года). Из них 31 больной получил только консервативную терапию, оперированы 42 пациента (костно-пластическая трепанация с удалением гематомы, закрытое наружное дренирование гематомы и установка датчика внутричерепного давления). Ультразвуковое исследование вен нижних конечностей выполняли при поступлении пациента, далее повторяли каждые 7 сут вплоть до выписки из стационара. Медикаментозную профилактику ВТЭО путем назначения низкомолекулярного гепарина у неоперированных больных начинали спустя 1–2 сут, если по данным компьютерной томографии головного мозга через 24 ч от момента поступления состояние гематомы было без отрицательной динамики. Оперированным пациентам медикаментозную профилактику назначали через 24 ч после вмешательства при подтвержденном данными компьютерной томографии внутричерепном гемостазе.

**Результаты.** Венозный тромбоз выявлен у 22 (30,1 %) из 73 пациентов. ТЭЛА осложнила основное заболевание в 1 (1,4 %) случае и носила нефатальный характер. Фатальных ТЭЛА в исследуемой группе не было. Увеличение объема исходной внутричерепной гематомы имело место у 3 (4,1 %) больных: в 2 (2,8 %) случаях рецидив кровоизлияния произошел до начала гепаринопрофилактики, в 1 (1,4 %) случае – на фоне лечебных доз антикоагулянтов, назначенных по поводу венозного тромбоза. В большинстве случаев (82,0 %; 18 из 22 пациентов) тромбозы локализовались в глубоких венах голени и были асимптомными. Внутригоспитальная летальность составила 23,3 % (17 пациентов), все летальные исходы были обусловлены течением травматической болезни головного мозга.

**Заключение.** ВТЭО являются частым осложнением ЧМТ с внутричерепным кровоизлиянием. Регулярное проведение ультразвуковой диагностики дает возможность своевременно выявлять асимптомный дистальный венозный тромбоз и вовремя назначать лечебные дозы низкомолекулярного гепарина, что в свою очередь позволяет избежать фатальных ТЭЛА. В настоящее время отсутствуют четкие отечественные рекомендации по профилактике, а главное – по лечению ВТЭО у больных с изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, что требует дальнейшего активного изучения данной проблемы.

**Ключевые слова:** тромбоз глубоких вен, тромбоэмболия легочной артерии, венозные тромбоэмболические осложнения, черепно-мозговая травма, внутричерепное кровоизлияние

**Для цитирования:** Хрипун А.И., Прямиков А.Д., Асратян С.А. и др. Венозные тромбоэмболические осложнения у пациентов с изолированной среднетяжелой и тяжелой черепно-мозговой травмой. Нейрохирургия 2024;26(1): 65–75. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-65-75>

## Venous thromboembolism in patients with isolated moderate to severe traumatic brain injury

A.I. Khripun<sup>1</sup>, A.D. Pryamikov<sup>1,2</sup>, S.A. Asratyan<sup>2</sup>, M.V. Belkov<sup>2</sup>, A.B. Mironkov<sup>1,2</sup>, V.S. Suryakhin<sup>2</sup>, P.S. Esipov<sup>2</sup>,  
A.L. Krasnikov<sup>2</sup>, A.A. Churkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

<sup>2</sup>V.M. Buyanov City Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department; 26 Bakinskaya St., Moscow 115516, Russia

**Contacts:** Aleksandr Dmitriyevich Pryamikov [pryamikov80@rambler.ru](mailto:pryamikov80@rambler.ru)

**Background.** Traumatic brain injury (TBI) remains a big problem of modern neurosurgery, accompanied by high rates of disability and lethality. Venous thromboembolism (VTE) including venous thrombosis and pulmonary embolism (PE) plays a significant role in the structure of mortality in this pathology. Regimens and schemes of pharmacological prevention of VTE in TBI as well as corresponding preventative measures are not yet determined completely.

**Aim.** To identify the frequency of VTE in patients with isolated moderate and severe TBI, and to evaluate the results of prevention and treatment of these complications in patients of this category.

**Materials and methods.** Over a 3-year period (from 2020 to 2023) 73 patients with isolated moderate and severe TBI (51 men and 22 women, mean age  $61.0 \pm 13.0$  years) were treated in the V.M. Buyanov City Clinical Hospital. Of these, 31 patients received only conservative therapy, and 42 patients underwent surgery (craniotomy with hematoma removal, closed external hematoma drainage, and installation of intracranial pressure sensor). Ultrasound examination of the lower limb veins was performed at patient admission, then every 7 days until discharge from the hospital. Pharmacological prevention of VTE using low molecular weight heparin in non-surgical patients was started after 1–2 days if computed tomography of the brain 24 h after admission showed no negative hematoma dynamics. Surgical patients were prescribed preventive medications 24 h after surgery if computed tomography confirmed intracranial hemostasis.

**Results.** Venous thrombosis was detected in 22 (30.1 %) of 73 patients. PE complicated the underlying disease in 1 (1.4 %) case and was non-fatal. There was no fatal PE in the study group. An increase of the initial intracranial hematoma volume occurred in 3 (4.1 %) patients, in 2 (2.8 %) patients the recurrence of hemorrhage occurred before the beginning of heparin administration, and in 1 (1.4 %) case against the background of therapeutic doses of anticoagulants prescribed for venous thrombosis. In the majority of cases (82.0 %; 18 of 22 patients) thromboses were localized in deep veins of the lower leg and were asymptomatic. Intrahospital mortality was 23.3 % (17 patients), all lethal outcomes were due to the course of traumatic brain disease.

**Conclusion.** VTE is a frequent complication of TBI with intracranial hemorrhage. Regular ultrasound diagnostics makes it possible to diagnose asymptomatic distal venous thrombosis in a timely manner and to prescribe therapeutic doses of low molecular weight heparin in time which in turn allows to avoid fatal PE. Currently, there are no clear domestic recommendations for the prevention and, most importantly, for the treatment of these complications in patients with isolated moderate and severe TBI, which requires further active study of this problem.

**Keywords:** deep vein thrombosis, pulmonary embolism, venous thromboembolism, traumatic brain injury, intracranial bleeding

**For citation:** Khripun A.I., Pryamikov A.D., Asratyan S.A. et al. Venous thromboembolism in patients with isolated moderate to severe traumatic brain injury. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):65–75. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-65-75>

### ВВЕДЕНИЕ

Нейрохирургические и неврологические пациенты остаются категорией больных с высоким или крайне высоким риском венозных тромбэмболических осложнений (ВТЭО), которые включают тромбоз вен нижних конечностей и тромбэмболию легочной артерии (ТЭЛА) [1–4]. Особенно это касается заболеваний, при которых имеют место первичные и вторичные внутричерепные кровоизлияния: геморрагический инсульт, кровоизлияния в опухоли головного и спинного мозга, ишемический инсульт с геморрагическим пропитыванием [5–7]. В структуре заболеваний, сопровождающихся внутричерепными кровоизлияниями, одно из значимых мест занимает черепно-мозговая травма (ЧМТ). Приводящие к грубому неврологическому дефициту и длительной иммобилизации ушибы вещества головного мозга, травматические субарахно-

идальные кровоизлияния, внутримозговые, суб- и эпидуральные гематомы делают это заболевание серьезной общемедицинской и хирургической проблемой [2, 8, 9]. Основными факторами патогенеза, влияющими на высокую частоту ВТЭО при среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, являются выраженный двигательный и чувствительный дефицит в нижних конечностях; повреждение гематоэнцефалического барьера; активация тромбоцитов; необходимость в трепанации черепа; инфекционные раневые/послеоперационные осложнения; длительная иммобилизация; системная воспалительная реакция; задержка медикаментозной профилактики венозных тромбозов или отказ от нее; катетеризация магистральных вен и ряд других [9–11].

Противоречивыми остаются мнения относительно сроков назначения антикоагулянтов в качестве профилактики ВТЭО у пациентов, перенесших среднетяжелую/

тяжелую ЧМТ и оперированных по поводу травматической внутричерепной гематомы (ВЧГ). С одной стороны, активная и агрессивная, в том числе ранняя, гепаринопрофилактика (см. раздел «Обсуждение») может привести к значимому увеличению объема исходной гематомы при рецидиве кровоизлияния. В то же время задержка медикаментозной профилактики или отказ от нее сопровождаются высоким риском ВТЭО, включая фатальные ТЭЛА [3, 12–14].

В большинстве работ, посвященных этому вопросу, делаются попытки выявить оптимальные схемы и сроки назначения медикаментозной профилактики, оценить ее эффективность и безопасность [2, 4, 15]. Об актуальности проблемы профилактики ВТЭО при внутричерепных кровоизлияниях различной этиологии дополнительно свидетельствует тот факт, что на сегодняшний день для этих осложнений отсутствуют четкие профилактические алгоритмы и соответствующие документы, содержащие рекомендации высоких уровней доказательности.

В настоящей статье оцениваются частота развития ВТЭО, безопасность и риски антикоагулянтной профилактики венозных тромбозов и ТЭЛА у пациентов со среднетяжелой и тяжелой ЧМТ.

**Цель исследования** — выявить частоту ВТЭО при изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, оценить результаты профилактики и лечения указанных осложнений у пациентов данной категории.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Дизайн исследования:** одноцентровое когортное ретроспективное.

В основу работы положен анализ результатов диагностики, профилактики и лечения ВТЭО у 73 пациентов с изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, находившихся на лечении в Городской клинической больнице им. В.М. Буянова ДЗМ с января 2020 по февраль 2023 г.

**Критерии включения в исследование:** наличие изолированной среднетяжелой/тяжелой ЧМТ различных локализаций.

**Критерии исключения:**

- наличие легкой ЧМТ;
- наличие инсульта (ишемического или геморрагического);
- наличие опухоли центральной нервной системы;
- наличие челюстно-лицевой травмы;
- наличие тяжелой сочетанной травмы.

Основные характеристики участников исследования представлены в табл. 1.

Среди субдуральных гематом преобладали поражения в острой стадии ( $n = 35$ ), реже встречались гематомы в подострой ( $n = 8$ ) и хронической ( $n = 17$ ) стадиях.

Консервативному лечению подвергся 31 пациент, остальным 42 пациентам выполнены различные

**Таблица 1.** Характеристики пациентов с черепно-мозговой травмой, включенных в исследование ( $n = 73$ )

**Table 1.** Characteristics of patients with traumatic brain injury included in the study ( $n = 73$ )

Показатель Parameter	Значение Value
Пол, $n$ (%): Sex, $n$ (%): мужской men женский women	51 (70) 22 (30)
Возраст, лет Age, years	61,0 ± 13,0
Сопутствующие заболевания и другие особенности, $n$ (%): Concomitant diseases and other features, $n$ (%):	
гипертоническая болезнь hypertensive disease	34 (46,6)
ишемическая болезнь сердца coronary heart disease	10 (13,7)
постинфарктный кардиосклероз postinfarction cardiosclerosis	5 (6,9)
нарушения ритма сердца cardiac rhythm disorder	8 (10,9)
сахарный диабет diabetes mellitus	13 (17,8)
хронические болезни почек chronic kidney diseases	9 (12,3)
хронические обструктивные или неспецифические заболевания легких chronic obstructive or non-specific lung diseases	7 (9,6)
алкогольное опьянение или симптомы хронической алкогольной интоксикации при поступлении alcohol intoxication or symptoms of chronic alcohol intoxication at admission	29 (39,7)
прием антикоагулянтов до поступления anticoagulants administration prior to admission	2 (2,7)
Характеристика черепно-мозговой травмы, $n$ (%): Characteristics of traumatic brain injury, $n$ (%):	
открытая open	6 (8,2)
закрытая closed	67 (91,8)
Локализация и характеристики внутричерепной гематомы, $n$ (%): Localization and characteristics of intracranial hematoma, $n$ (%):	
супратенториальная supratentorial	72 (98,6)
субтенториальная subtentorial	1 (1,4)
субдуральная subdural	60 (82,2)
изолированная эпидуральная* isolated epidural*	1 (1,4)
изолированное субарахноидальное кровоизлияние** isolated subarachnoid hemorrhage**	12 (16,4)
внутричерепная гематома intracerebral hematoma	11 (23,3)
внутрижелудочковое кровоизлияние intraventricular hemorrhage	3 (4,1)

Окончание табл. 1  
End of table 1

Показатель Parameter	Значение Value
Средний (минимальный – максимальный) объем внутричерепной гематомы, мл Mean (minimum – maximum) intracranial hematoma volume, ml	40 (3–260)
Ушиб вещества головного мозга, n (%) Brain substance contusion, n (%)	50 (68,5)
Перелом костей свода и/или основания черепа, n (%) Fracture of the bones of the cranial vault and/or base of the skull, n (%)	25 (34,2)
Неврологический статус при поступлении по шкале комы Глазго, баллы Neurological status at admission according to Glasgow Coma Scale, scores	12,7 ± 2,3

\*У 4 пациентов острая эпидуральная гематома сочеталась с субдуральной (всего 5 пациентов с эпидуральной гематомой); \*\*у 40 пациентов травматическое субарахноидальное кровоизлияние сочеталось с другими внутричерепными гематомами (всего 52 пациента с субарахноидальным кровоизлиянием).

\*4 patients had acute epidural hematoma combined with subdural hematoma (total of 5 patients with epidural hematoma); \*\*40 patients had traumatic subarachnoid hemorrhage combined with other intracranial hematomas (total of 52 patients with subarachnoid hemorrhage).

оперативные пособия. При острой или подострой субдуральной гематоме выполняли декомпрессионную или костно-пластическую трепанацию с удалением ВЧГ с установкой или без установки датчика внутричерепного давления ( $n = 22$ ); пациентам с хронической субдуральной гематомой осуществляли ее закрытое наружное дренирование ( $n = 19$ ). В 1 случае выполнена только установка датчика внутричерепного давления.

В группе оперативного лечения медикаментозную профилактику ВТЭО начинали спустя 24 ч, т.е. на 2-е сутки после операции, если по данным компьютерной томографии (КТ) был достигнут адекватный гемостаз в зоне операции.

В группе консервативной терапии профилактические дозы низкомолекулярного гепарина (НМГ) старались назначать максимально рано: от 2 до 3 сут от момента госпитализации после КТ-контроля, выполненного через 24 ч после поступления. Большинство больных начинали получать гепаринопрофилактику на 2-е сутки от момента поступления в отделение нейрореанимации. Задержка раннего назначения гепарина (на 3-и сутки от госпитализации) у пациентов этой группы была обусловлена несколькими факторами: кризовым течением артериальной гипертензии и изменениями коагулограммы в сторону гипокоагуляции.

Препараты НМГ для медикаментозной профилактики ВТЭО применяли в дозировках, рекомендуемых производителем. Назначали либо надропарин кальция, либо парнапарин натрия. Надропарин кальция

вводился в дозе 0,4 мл 1 раз в сутки пациентам с массой тела  $\leq 70$  кг или 0,6 мл 1 раз в сутки пациентам с массой тела  $> 70$  кг. Парнапарин натрия вводился в дозе 0,3 мл 1 раз в сутки.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) поверхностных и глубоких вен нижних конечностей проводили при поступлении всем пациентам, затем его повторяли каждые 7 сут. В случае операции любого объема (трепанация, закрытое наружное дренирование, установка датчика внутричерепного давления) УЗИ повторяли в 1-е сутки после операции, затем – каждые 7 сут до момента выписки из стационара. При ухудшении состояния пациента и подозрении на ТЭЛА (снижение сатурации, возникновение или нарастание явлений сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности) выполняли эхокардиографию и КТ-ангиопульмонографию.

Метод механической профилактики ВТЭО в виде использования компрессионных чулок с градуированной компрессией применялся у всех 73 пациентов с ЧМТ.

Развитие венозного тромбоза диктовало необходимость назначения лечебных доз гепарина. При выявлении венозного тромбоза на 1-е сутки после операции или перед экстренным вмешательством (трепанация с удалением гематомы), т.е. когда назначить адекватные лечебные дозы гепарина было невозможно (что служит абсолютным показанием к хирургической профилактике ТЭЛА), выставлялись показания к имплантации кава-фильтра.

Основными изученными нами конечными событиями были прогрессирование (рецидив) внутричерепного кровоизлияния, венозный тромбоз, ТЭЛА (фатальная и нефатальная) и внутригоспитальная летальность.

Статистическую обработку клинического материала выполняли с использованием программного обеспечения Statistica 12.0 для Windows (StatSoft Inc., США). Анализ нормальности распределения данных проводили с помощью тестов Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Для сравнения непрерывных переменных, имеющих нормальное распределение, применяли t-критерий Стьюдента для независимых выборок; для переменных, не подчиняющихся закону нормального распределения, – U-критерий Манна–Уитни. Номинальные данные сравнивали с использованием  $\chi^2$ -критерия Пирсона. Различия определяли как статистически значимые при  $p < 0,05$ . Полученные результаты анализировали согласно основным принципам доказательной медицины.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Тромбоз глубоких вен нижних конечностей развился у 22 (30,1 %) из 73 пациентов с ЧМТ. По данным секционных материалов ТЭЛА как непосредственная причина смерти, т.е. фатальная, не выявлена

ни в одном случае. Основной причиной смерти у этих пациентов явилось течение травматической болезни головного мозга. Прижизненно ТЭЛА диагностирована в 1 (1,4 %) случае и была нефатальной.

Наиболее часто венозный тромбоз имел окклюзивный и дистальный характер, локализуясь в глубоких венах голени (81,8 %; 18 из 22 пациентов), реже — проксимальный характер (18,2 %; 4 из 22 пациентов). Количество пациентов, у которых венозный тромбоз был выявлен до начала гепаринопрофилактики (при поступлении), составило 8 (10,9 %). В остальных 14 (19,2 %) случаях тромбоз глубоких вен развился после операции либо в более поздние сроки при консервативном лечении ЧМТ.

По срокам формирования венозного тромбоза распределение было следующим: в большинстве случаев (59,1 %; 13 из 22 пациентов) тромбоз развивался в 1-ю неделю госпитализации, реже на 2-й (27,3 %; 6 больных) и 3-й неделях (13,6 %; 3 пациента) от момента поступления.

Увеличение объема исходной ВЧГ (рецидив кровоизлияния) диагностировано у 3 (4,1 %) больных: в 2 случаях рецидив произошел до начала гепаринопрофилактики и в 1 случае — на фоне лечебных доз НМГ, назначенных по поводу венозного тромбоза.

Общая внутригоспитальная летальность составила 23,3 % (17 из 73 пациентов). В группе оперативного лечения умерли 11 (26,2 %) из 42 больных. Летальность среди пациентов, пролеченных консервативно, составила 19,4 % (6 из 31 пациента).

В табл. 2 и 3 представлены данные о частоте ВТЭО, рецидива внутримозгового кровоизлияния и показатели летальности при ЧМТ в разных клинических группах.

Как видно из табл. 3, максимальная частота венозных тромбозов и наибольшие показатели летальности отмечены у пациентов с острой субдуральной гематомой (ОСДГ): 44,4 и 38,9 % соответственно. Кроме то-

го, все рецидивы внутримозгового кровоизлияния (8,3 %; 3 из 36 больных) также имели место в этой подгруппе пациентов. Следует, однако, указать, что 2 из 3 рецидивов кровоизлияния развились до назначения профилактических доз гепарина. В 1 случае рецидив кровоизлияния произошел в послеоперационном периоде (пациенту выполнена костно-пластическая трепанация с удалением ОСДГ). Тромбоз суральных вен контралатеральной конечности был выявлен спустя 24 ч после операции; назначены лечебные дозы НМГ на 2-е послеоперационные сутки. На 21-е сутки после хирургического вмешательства больной оперирован повторно по поводу острой эпидуральной гематомы головного мозга. Таким образом, общая частота повторных кровоизлияний на фоне введения гепарина составила 1,4 % (1 из 73 пациентов).

Сроки госпитализации при ЧМТ и ВТЭО значительно превышали таковые при отсутствии венозного тромбоза и ТЭЛА:  $31 \pm 14,2$  сут против  $20,3 \pm 6,7$  сут ( $p = 0,14$ ).

Необходимость в имплантации кава-фильтра возникла у 2 (2,7 %) пациентов: в одном случае тромбоз глубоких вен нижней конечности диагностирован на 1-е сутки после трепанации и удаления ОСДГ, у другого пациента флотирующий проксимальный тромбоз выявлен перед экстренной трепанацией также по поводу ОСДГ большого объема. В обоих случаях не было возможности назначить лечебные дозы гепарина, что и послужило показанием к имплантации кава-фильтра.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время имеется достаточно большое количество выполненных зарубежными учеными работ, посвященных профилактике ВТЭО у пациентов с ЧМТ: проспективные и ретроспективные, одноцентровые и многоцентровые исследования, рандомизированные клинические испытания, обзоры, метаанализы и национальные клинические рекомендации [4, 16–18].

**Таблица 2.** Частота венозных тромбоземболических осложнений и летальность в группах оперативного и консервативного лечения, n (%)

Table 2. Frequency of venous thromboembolic complications and mortality in the groups of operative and conservative treatment, n (%)

Параметр Parameter	Оперативное лечение (n = 42) Operative treatment (n = 42)	Консервативное лечение (n = 31) Conservative treatment (n = 31)	p
Осложнение: Complication:			
венозный тромбоз venous thrombosis	12 (28,6)	10 (32,6)	0,73
нефатальная ТЭЛА non-fatal PE	0 (0)	1 (2,4)	0,39
фатальная ТЭЛА fatal PE	0 (0)	0 (0)	1,00
рецидив внутримозгового кровоизлияния intracranial hemorrhage recurrence	3 (7,1)	0 (0)	0,13
Общая летальность Total lethality	11 (26,2)	6 (19,4)	0,49

**Примечание.** Здесь и в табл. 3: ТЭЛА — тромбоземболия легочной артерии.

Note. Here and in table 3: PE — pulmonary embolism.

**Таблица 3.** Частота венозных тромбозных осложнений и летальность в зависимости от вида травматического внутричерепного кровоизлияния, n (%)**Table 3.** Frequency of venous thromboembolic complications and mortality depending on the type of traumatic intracranial hemorrhage, n (%)

Параметр Parameter	Острая субдуральная гематома (n = 36) Acute subdural hematoma (n = 36)	Подострая субдуральная гематома (n = 8) Subacute subdural hematoma (n = 8)	Хроническая субдуральная гематома (n = 16) Chronic subdural hematoma (n = 16)	Субарахноидальное кровоизлияние (n = 12) Subarachnoid hemorrhage (n = 12)
Осложнение: Complication:				
венозный тромбоз venous thrombosis	16 (44,4)	1 (12,5)	3 (18,8)	2 (16,7)
нефатальная ТЭЛА non-fatal PE	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (8,3)
фатальная ТЭЛА fatal PE	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
рецидив внутричерепного кровоизлияния intracranial hemorrhage recurrence	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Общая летальность Total lethality	14 (38,9)	1 (12,5)	1 (6,3)	1 (8,3)

В то же время немногочисленность отечественных исследований и четких рекомендательных документов по профилактике, а главное — по лечению этих осложнений свидетельствует о важности освещения проблемы профилактики ВТЭО у нейрохирургических пациентов, в том числе с внутричерепными кровоизлияниями. В связи с этим мы хотели продемонстрировать результаты профилактики ВТЭО у пациентов со среднетяжелой и тяжелой ЧМТ, а также частоту возникновения этих осложнений в рамках 1 стационара.

Риск развития ВТЭО наиболее высок у пациентов неврологического и нейрохирургического профилей. Чаще всего венозные тромбозы и ТЭЛА развиваются у больных со спинальной травмой и геморрагическим инсультом (гипертензивная гематома, нетравматическое субарахноидальное кровоизлияние из-за разрыва артериальной аневризмы или артериовенозной мальформации) [6, 19, 20]. Кроме того, вероятность развития клинически значимых ВТЭО, в том числе фатальных ТЭЛА, очень высока при среднетяжелой и тяжелой ЧМТ (риск этих осложнений при ЧМТ в 2,6 раза выше, чем при других заболеваниях) [14]. Отличие ЧМТ от не связанных с ней внутричерепных кровоизлияний заключается в том, что сама травма является фактором риска развития ВТЭО, и, помимо этого, образование внутричерепной или внутримозговой гематомы, ушибы вещества головного мозга, переломы костей свода или основания черепа существенно утяжеляют течение травматического повреждения мозга и повышают вероятность возникновения венозных тромбозов и ТЭЛА [11, 14].

По данным литературы, частота ВТЭО у пациентов с ЧМТ колеблется от 1,5 до 40 %, а увеличение объема внутричерепного кровоизлияния на фоне профилактики антикоагулянтами имеет место в 3–16 % случаев [2, 4, 9, 12, 14, 21–23]. Однако и при отсутствии меди-

каментозной профилактики спонтанное увеличение гематомы может происходить в 30 % случаев в течение первых 24 ч от момента травмы [24].

Значительная вариабельность частоты выявленных венозных тромбозов по данным литературы во многом обусловлена несистематическим выполнением инструментальных процедур для диагностики ВТЭО. Большинство авторов проводят УЗИ вен нижних конечностей лишь при симптомах венозного тромбоза и/или ТЭЛА либо только при поступлении пациента, далее также ориентируясь исключительно на клиническую симптоматику [15, 18, 25]. Клинические же проявления ВТЭО указывают на то, что диагностируется уже проксимальный венозный тромбоз в бедренно-подвздошном сегменте и/или клинически значимая ТЭЛА. Нами показано, что в большинстве случаев (81,8 %, 18 пациентов) тромбоз имел асимптомное течение и дистальный характер (глубокие вены голени), будучи выявлен как находка при очередном УЗИ.

Так называемая ранняя гепаринопрофилактика продемонстрировала сопоставимые безопасность и эффективность по сравнению с более поздними режимами назначения антикоагулянтов. Однако сроки ее назначения значительно варьируют — от 24 ч до 3 сут, поскольку единого мнения по этому вопросу в настоящее время нет [4, 12, 18, 24, 26, 27]. Кроме того, в литературе НМГ указывается как лучший препарат для профилактики ВТЭО в сравнении с нефракционированным гепарином [11, 28, 29].

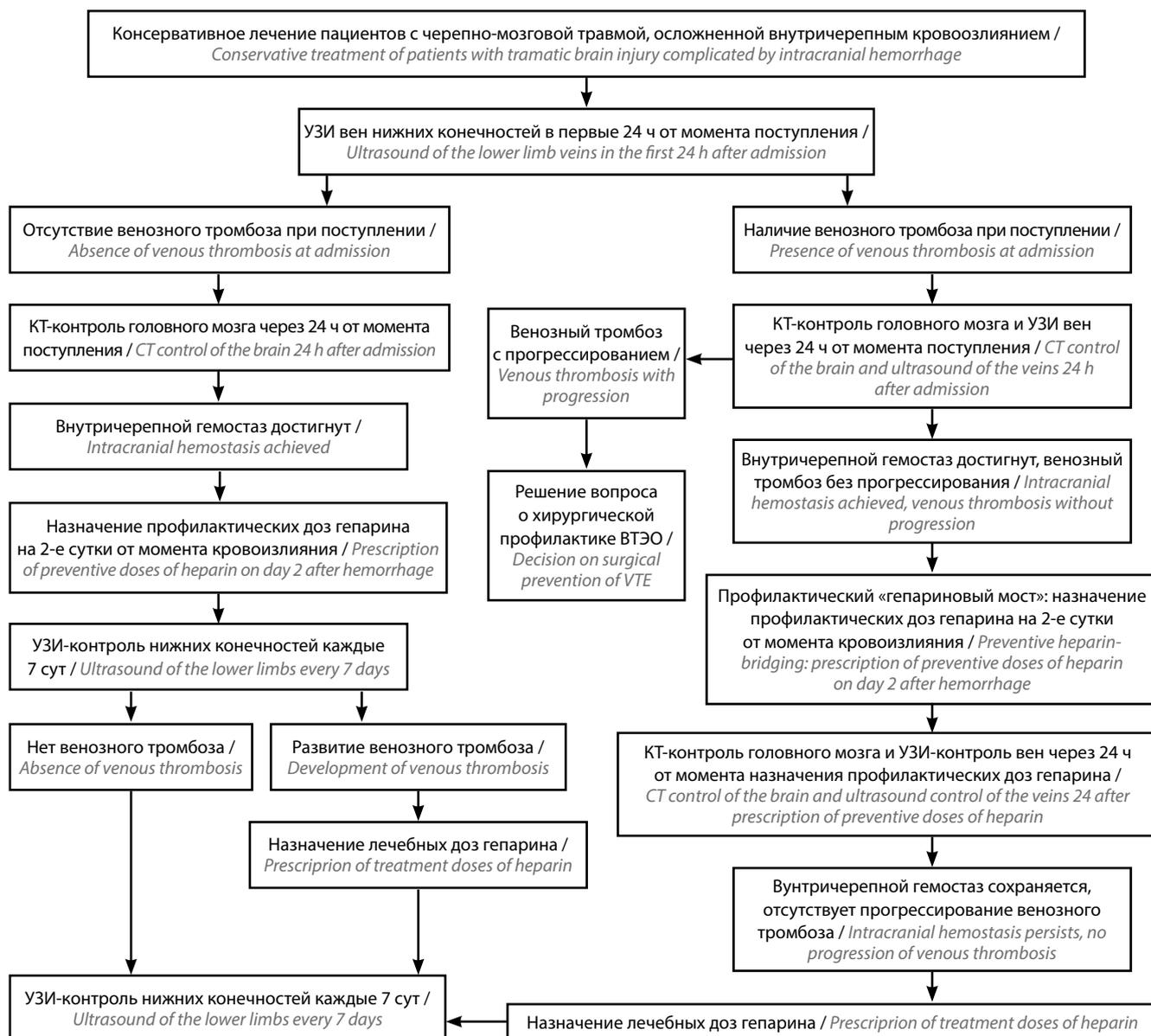
Об эффективности ранней гепаринопрофилактики свидетельствуют и исследования последних лет. Так, L. Rivas и соавт. (2022) сравнили 2 схемы назначения низкомолекулярного и нефракционированного гепарина у 264 пациентов с ЧМТ: раннюю (до 24 ч) и позднюю (после 24 ч). Достоверных различий по частоте рецидивов кровоизлияний, развития ВТЭО и необходимости

выполнения краниотомии получено не было. Авторы делают вывод, что ранняя профилактика антикоагулянтами не приводит к прогрессированию ВЧГ и необходимости нейрохирургического вмешательства, однако лишь при условии отсутствия нарастания гематомы по данным КТ головного мозга, выполненной через 7 ч после травмы [4]. А. Taylor и соавт. (2022), применяя эноксапарин натрия у 66 пациентов с ЧМТ, зарегистрировали увеличение ВЧГ с последующей операцией у 2 (3 %) пациентов, а венозный тромбоз диагностировали лишь в 1 (1,5 %) случае [11]. В других исследованиях, посвященных этой проблеме, также не обнаружено повышенного риска повторных внутричерепных геморрагических осложнений при ранней

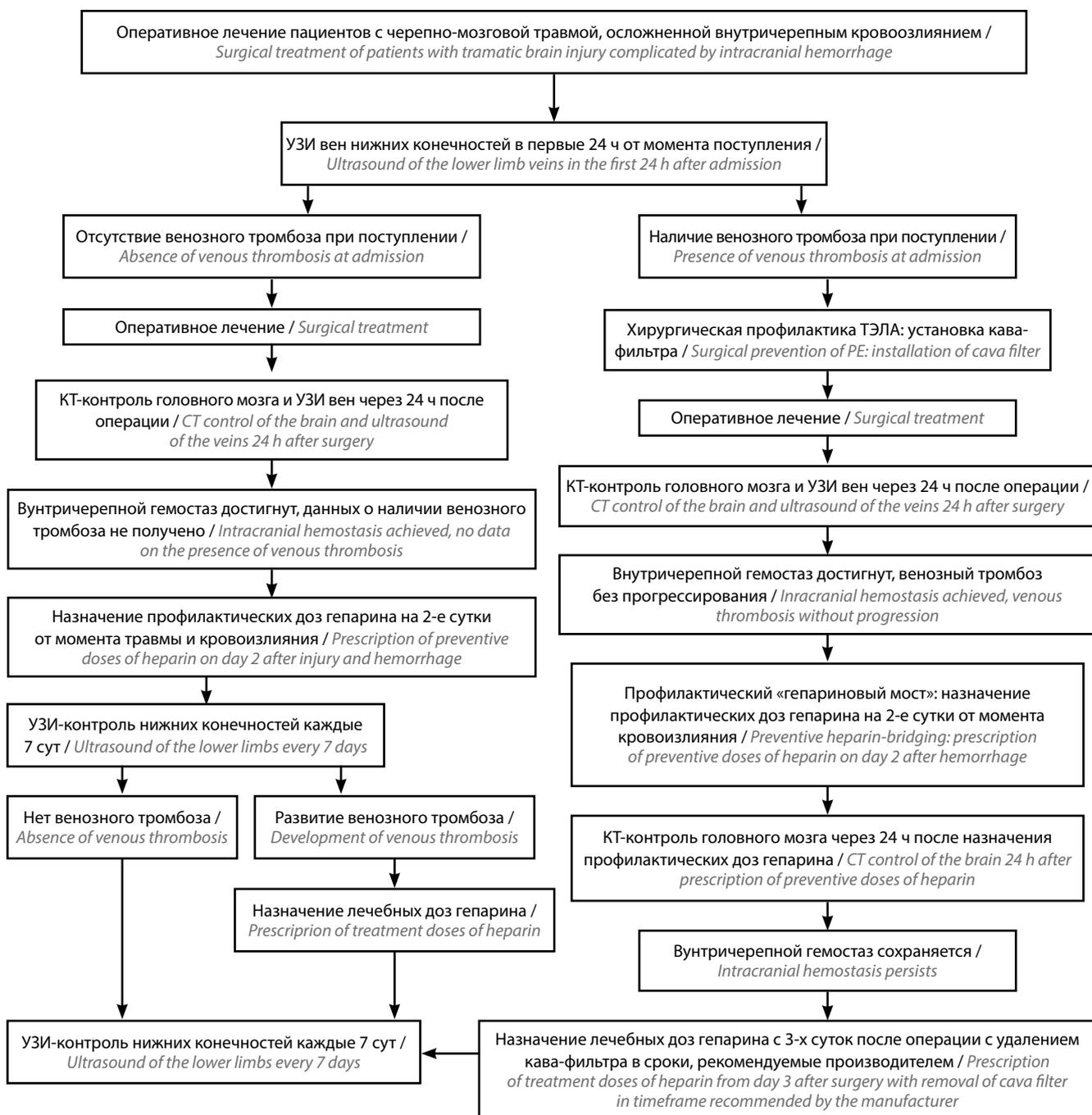
гепаринопрофилактике. При этом многие авторы указывают на необходимость пристального изучения тактики раннего назначения гепарина [12, 24].

Описаны независимые предикторы ВТЭО у пациентов с ЧМТ: высокий уровень тромбоцитов, гиперкоагуляция, высокий индекс массы тела, пожилой возраст, тяжелая ЧМТ, катетеризация магистральных вен и ряд других [23, 30]. В литературе приводятся также такие факторы, как уровни инсулина и витамина D в крови, оказывающие непосредственное влияние на развитие ВТЭО при ЧМТ [21, 31].

Широкое применение антикоагулянтов в лечении нарушений ритма сердца, особенно у пациентов



**Рис. 1.** Алгоритм профилактики и терапии венозных тромбозэмболических осложнений у пациентов с черепно-мозговой травмой при консервативном лечении. УЗИ – ультразвуковое исследование; ВТЭО – венозные тромбозэмболические осложнения; КТ – компьютерная томография  
**Fig. 1.** Algorithm of prevention and therapy of venous thromboembolic complications in patients with trauma brain injury under conservative treatment. VTE – venous thromboembolism; CT – computed tomography



**Рис. 2.** Алгоритм профилактики и терапии венозных тромбоземболических осложнений у пациентов с черепно-мозговой травмой при оперативном лечении. УЗИ – ультразвуковое исследование; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии; КТ – компьютерная томография

**Fig. 2.** Algorithm of prevention and therapy of venous thromboembolic complications in patients with trauma brain injury under surgical treatment. PE – pulmonary embolism; CT – computed tomography

пожилого и старческого возраста, значимо влияет на объем ВЧГ при ЧМТ и показатели летальности [3]. В нашей работе только 2 (2,7 %) из 73 пациентов получали препараты этой группы до ЧМТ: 1 пациент с травматическим субарахноидальным кровоизлиянием и 1 – с острой субдуральной гематомой объемом 30 мл. Оба больных скончались от последствий травматической болезни головного мозга.

Значительная частота выявления венозных тромбозов при ЧМТ в проведенном нами исследовании (30,1 %), на наш взгляд, во многом обусловлена ежедневным, а в случае оперативного вмешательства – обязательным проведением УЗИ на 1-е сутки после операции. Естественно, что при клиническом подозрении на венозный тромбоз или ТЭЛА весь комплекс необходимых инструментальных исследований (УЗИ,

эхокардиография или КТ-пульмоноангиография) выполняли сразу после развития соответствующих симптомов. Также благодаря обязательному проведению УЗИ каждые 7 сут асимптомные тромбозы в глубоких венах голени оказались своевременно диагностированы и, соответственно, вовремя были назначены лечебные дозы НМГ. На наш взгляд, это позволило избежать прогрессирования венозного тромбоза и развития фатальной ТЭЛА (нефатальная ТЭЛА имела место у 1 (1,4 %) пациента в исследованной группе), которая является одной из признанных и частых причин летального исхода при ЧМТ [13, 17].

На рис. 1 и 2 представлены алгоритмы, применяемые в клинике для профилактики и терапии ВТЭО у пациентов при консервативном и оперативном лечении ЧМТ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в исследуемой группе венозный тромбоз развился у каждого 3-го пациента с изолиро-

ванной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ (в 30,1 % случаев).

Благодаря регулярному еженедельному проведению УЗИ вен нижних конечностей у пациентов с ЧМТ были своевременно диагностированы асимптомные дистальные венозные тромбозы и вовремя назначены лечебные дозы антикоагулянтов, что позволило избежать развития фатальных тромбозомболических осложнений на данном этапе нашей работы.

Высокая частота ВТЭО при ЧМТ свидетельствует об актуальности данной проблемы и необходимости проведения масштабных исследований, которые помогут выявить оптимальные сроки начала и режимы медикаментозной профилактики указанных осложнений.

Данные мировой литературы подтверждают, что ранняя гепаринопрофилактика ВТЭО при ЧМТ не сопровождается значимым увеличением объема ВЧГ. Необходима разработка отечественных алгоритмов профилактики и лечения ВТЭО у пациентов с изолированной среднетяжелой и тяжелой ЧМТ.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бервицкий А.В., Гужин В.Э., Мойсак Г.И. и др. Тромбозомболические осложнения в нейрохирургии: решения на границе возможного и необходимого (обзор литературы). *Нейрохирургия* 2020;22(4):112–22. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-4-112-122
2. Bervitskiy A.V., Guzhin V.E., Moysak G.I. et al. Thromboembolic complications in neurosurgery: solutions at the boundaries of possible and necessary (review). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2020;22(4):112–22. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-4-112-122
3. Meyer R.M., Larkin M.B., Szuffita N.S. et al. Early venous thromboembolism chemoprophylaxis in combat-related penetrating brain injury. *J Neurosurg* 2017;126(4):1047–55. DOI: 10.3171/2016.4.JNS1610
4. Ng I.C., Barnes C., Biswas S. et al. When is it safe to resume anticoagulation in traumatic brain injury? *Curr Opin Anaesthesiol* 2022;35(2):166–71. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001117
5. Rivas L., Vella M., Ju T. et al. Early chemoprophylaxis against venous thromboembolism in patients with traumatic brain injury. *Am Surg* 2022;88(2):187–93. DOI: 10.1177/0003134820983171
6. Сенько И.В., Крылов В.В., Дашьян В.Г., Григорьев И.В. Хирургическое лечение дистальных аневризм головного мозга. *Нейрохирургия* 2022;24(3):12–22. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-12-22
7. Senko I.V., Krylov V.V., Dashyan V.G., Grigoriev I.V. Surgical treatment of distal cerebral aneurysms. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(3):12–22. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-12-22
8. Хрипун А.И., Прямиков А.Б., Миронков А.Б. и др. Венозные тромбозомболические осложнения у пациентов с геморрагическим инсультом. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски* 2021;121(8–2):41–6. DOI: 10.17116/jnevro202112108241
9. Khripun A.I., Pryamikov A.B., Mironkov A.B. et al. Venous thromboembolic complications in patients with intracerebral hemorrhage. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova = S.S. Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry* 2021;121(8–2):41–6. (In Russ.). DOI: 10.17116/jnevro202112108241
10. Khaldi A., Helo N., Schneck M.J., Origitano T.C. Venous thromboembolism: deep venous thrombosis and pulmonary embolism in a neurosurgical population. *J Neurosurg* 2011;114(1):40–6. DOI: 10.3171/2010.8.JNS10332
11. Месхия Н.Ш. Опыт хирургического лечения пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой. *Нейрохирургия* 2022;24(1):45–54. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-1-45-54
12. Meskhiya N.Sh. Experience of surgical treatment of patients with severe traumatic brain injury. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(1):45–54. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-1-45-54
13. Byrne J.P., Witiw C.D., Schuster J.M. et al. Association of venous thromboembolism prophylaxis after neurosurgical intervention for traumatic brain injury with thromboembolic complications, repeated neurosurgery, and mortality. *JAMA Surg* 2022;157(3):e215794. DOI: 10.1001/jamasurg.2021.5794
14. Hubbard W.B., Dong J.-F., Cruz M.A., Rumbaut R.E. Links between thrombosis and inflammation in traumatic brain injury. *Thromb Res* 2021;198:62–71. DOI: 10.1016/j.thromres.2020.10.041
15. Taylor A., Martinez-Quinones P., Huang E. et al. Effective use of weight-based enoxaparin for deep vein thrombosis chemoprophylaxis in patients with traumatic brain injury. *Am J Surg* 2022;223(1):146–50. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.07.030
16. Hachem L.D., Mansouri A., Scales D.C. et al. Anticoagulant prophylaxis against venous thromboembolism following severe traumatic brain injury: a prospective observational study and systematic review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg* 2018;175:68–73. DOI: 10.1016/j.clineuro.2018.09.032
17. Seifi A., Dengler B., Martinez P., Godoy D.A. Pulmonary embolism in severe traumatic brain injury. *J Clin Neurosci* 2018;57:46–50. DOI: 10.1016/j.jocn.2018.08.042
18. Silva V.T., Iglesias R., Paiva W.S. et al. Deep vein thrombosis prophylaxis in patients with traumatic brain injury. *Acta Med Port* 2015;28(2):250–5. DOI: 10.20344/amp.5470
19. Scudday T., Brasel K., Webb T. et al. Safety and efficacy of prophylactic anticoagulation in patients with traumatic brain injury. *J Am Coll Surg* 2011;213(1):148–53; discussion 153–4. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2011.02.027

16. Al-Mufti F., Mayer S.A. Neurocritical care of acute subdural hemorrhage. *Neurosurg Clin N Am* 2017;28(2):267–8. DOI: 10.1016/j.nec.2016.11.009
17. Foreman P.M., Schmalz P.G., Griessenauer C.J. Chemoprophylaxis for venous thromboembolism in traumatic brain injury: a review and evidence-based protocol. *Clin Neurol Neurosurg* 2014;123:109–16. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.05.017
18. Mesa Galan L.A., Egea-Guerrero J.J., Quintana Diaz M., Vilches-Arenas A. The effectiveness and safety of pharmacological prophylaxis against venous thromboembolism in patients with moderate to severe traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;81(3):567–74. DOI: 10.1097/TA.0000000000001134
19. Бервицкий А.В., Гужин В.Э., Мойсак Г.И. и др. Результаты раннего назначения низкомолекулярного гепарина с целью профилактики венозных тромбозных осложнений после удаления опухоли головного мозга. *Нейрохирургия* 2021;23(3):30–8. DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-3-30-38
20. Хрипун А.И., Прямыков А.Д., МIRONKOV А.Б. и др. Венозные тромбозные осложнения у пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием на фоне разрыва артериальной аневризмы головного мозга. *Флебология* 2022;16(4):289–95. DOI: 10.17116/flebo202216041289
21. Du M., Zhang Q.H., Tang R. et al. Prognostic significance of plasma insulin level for deep venous thrombosis in patients with severe traumatic brain injury in critical care. *Neurocrit Care* 2023;38(2):263–78. DOI: 10.1007/s12028-022-01588-y
22. Huijben J.A., Pисica D., Ceyisakar I. et al. Pharmaceutical venous thrombosis prophylaxis in critically ill traumatic brain injury patients. *Neurotrauma Rep* 2022;2(1):4–14. DOI: 10.1089/neur.2021.0037
23. Yang T., Wei G., Zhu C., Pan A. [Incidence and risk factor analysis of deep venous thrombosis in patients with severe traumatic brain injury (In Chinese)]. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 2019;31(2):182–6. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.02.012
24. Abdel-Aziz H., Dunham C.M., Malik R.J., Hileman B.M. Timing for deep vein thrombosis chemoprophylaxis in traumatic brain injury: an evidence-based review. *Crit Care* 2015;19(1):96. DOI: 10.1186/s13054-015-0814-z
25. Minshall C.T., Eriksson E.A., Leon S.M. et al. Safety and efficacy of heparin or enoxaparin prophylaxis in blunt trauma patients with a head abbreviated injury severity score >2. *J Trauma* 2011;71(2):396–9; discussion 399–400. DOI: 10.1097/TA.0b013e31822734c9
26. Byrne J.P., Mason S.A., Gomez D. et al. Timing of pharmacologic venous thromboembolism prophylaxis in severe traumatic brain injury: a propensity-matched cohort study. *J Am Coll Surg* 2016;223(4):621–31. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.06.382
27. Jamous M.A. The Safety of early thromboembolic prophylaxis in closed traumatic intracranial hemorrhage. *Open Access Emerg Med* 2020;14(12):81–5. DOI: 10.2147/OAEM.S239881
28. Benjamin E., Recinos G., Aiolfi A. et al. Pharmacological thromboembolic prophylaxis in traumatic brain injuries: low molecular weight heparin is superior to unfractionated heparin. *Ann Surg* 2017;266(3):463–9. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002359
29. Dudley R.R., Aziz I., Bonnici A. et al. Early venous thromboembolic event prophylaxis in traumatic brain injury with low-molecular-weight heparin: risks and benefits. *J Neurotrauma* 2010;27(12):2165–72. DOI: 10.1089/neu.2010.1366
30. Skrifvars M.B., Bailey M., Presneill J. et al. Venous thromboembolic events in critically ill traumatic brain injury patients. *Intensive Care Med* 2017;43(3):419–28. DOI: 10.1007/s00134-016-4655-2
31. Moore M., Goldin Y., Patel H., Greenwald B.D. Low vitamin D level is associated with acute deep venous thrombosis in patients with traumatic brain injury. *Brain Sci* 2021;11(7):849. DOI: 10.3390/brainsci11070849

#### Вклад авторов

А.И. Хрипун: разработка концепции и дизайна исследования, внесение принципиальных изменений, утверждение окончательного варианта статьи;

А.Д. Прямыков: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка результатов, написание текста статьи;

С.А. Асратян: разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи, внесение принципиальных изменений;

М.В. Белков: написание текста статьи, внесение принципиальных изменений;

А.Б. МIRONKOV, В.С. Сурыхин: сбор и обработка материала, написание текста статьи;

П.С. Есипов, А.Л. Красников, А.А. Чуркин: сбор и обработка материала.

#### Authors' contribution

A.I. Khripun: conception and design of the study, making fundamental changes, approval of the final version of the article;

A.D. Pryamikov: conception and design of the study, data collection and processing, statistical processing of results, article writing;

S.A. Asratyan: concept and design of the study, article writing, making fundamental changes;

M.V. Belkov: article writing, making fundamental changes;

A.B. Mironkov, V.S. Suryakhin: data collection and processing, article writing;

P.S. Esipov, A.L. Krasnikov, A.A. Churkin: data collection and processing.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

А.И. Хрипун / A.I. Khripun: <https://orcid.org/0000-0001-7669-0835>

А.Д. Прямыков / A.D. Pryamikov: <https://orcid.org/0000-0002-4202-7549>

С.А. Асратян / S.A. Asratyan: <https://orcid.org/0000-0001-8472-4249>

М.В. Белков / M.V. Belkov: <https://orcid.org/0000-0001-8196-4458>

А.Б. МIRONKOV / A.B. Mironkov: <https://orcid.org/0000-0003-0951-908X>

В.С. Сурыхин / V.S. Suryakhin: <https://orcid.org/0000-0001-9651-4759>

П.С. Есипов / P.S. Esipov: <http://orcid.org/0000-0001-9782-6893>

А.Л. Красников / A.L. Krasnikov: <https://orcid.org/0000-0003-3932-7812>

А.А. Чуркин / A.A. Churkin: <https://orcid.org/0000-0001-7228-0927>

**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.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-76-82>

# ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ХИРУРГА И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ДВИЖЕНИЙ И УРОВЕНЬ МИКРОХИРУРГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА

А.Е. Быканов, Д.И. Пицхелаури, М.А. Кирюшин, О.А. Растворова, Т.Р. Загидуллин

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

**Контакты:** Андрей Егорович Быканов [abykanov7@gmail.com](mailto:abykanov7@gmail.com)

**Введение.** Физиологический тремор – одна из значимых проблем при выполнении микрохирургической техники. Одно неосторожное движение может повлечь за собой повреждение соседних анатомических структур и, как следствие, ухудшение состояния пациента. Поэтому вопрос о снижении тремора остается актуальным по сей день.

**Цель исследования** – определить влияние позы микрохирурга, длительности выполнения операции на точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора.

**Материалы и методы.** Исследование проведено при участии 14 ординаторов-нейрохирургов, соответствующих критериям включения. Для оценки и симуляции микрохирургического действия использовали валидированные и разработанные авторами исследования устройства для тестирования и операционный микроскоп Carl Zeiss. Результаты экспериментов сравнивали между собой с помощью однофакторного анализа. Различия признавали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Статистически значимо на пространственную точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора не влияли варианты положения микрохирурга стоя/сидя. Однако отмечалось статистически значимое изменение тремора как в положении стоя, так и в положении сидя по мере увеличения продолжительности микрохирургического действия.

**Заключение.** Выбор положения сидя или стоя для выполнения микрохирургической операции не является фактором, существенно влияющим на пространственную точность движений и тремор микрохирурга. Длительность оперативного вмешательства влияет на уровень микрохирургического тремора.

**Ключевые слова:** микрохирургия, точность хирургического действия, микрохирургический тремор

**Для цитирования:** Быканов А.Е., Пицхелаури Д.И., Кирюшин М.А. и др. Влияние положения хирурга и длительности выполнения операции на точность движений и уровень микрохирургического тремора. Нейрохирургия 2024;26(1): 76–82. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-76-82>

## The effect of surgeon's pose and duration of operation on movement accuracy and level of microsurgical hand tremor

A.E. Bykanov, D.I. Pitskhelauri, M.A. Kirushin, O.A. Rastvorova, T.R. Zagidullin

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

**Contacts:** Andrey Egorovich Bykanov [abykanov7@gmail.com](mailto:abykanov7@gmail.com)

**Background.** Physiological hand tremor is one of significant problems in microsurgical technique. One careless movement can cause damage to the neighboring structures and consequently worsen a patient's condition. Therefore, the problem of reducing hand tremor remains relevant.

**Aim.** To determine the effect of microsurgeon's pose, duration of operation on the accuracy of surgical action and level of microsurgical hand tremor.

**Materials and methods.** The study included 14 neurosurgery residents satisfying inclusion criteria. For evaluation and simulation of microsurgical action, validated and developed by the study authors devices for testing and surgical

microscope Carl Zeiss were used. The experimental results were compared using univariate analysis. The differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ .

**Results.** Surgeon's pose standing/sitting did not affect spatial accuracy of surgical action and the level of microsurgical hand tremor. However, statistically significant changes in hand tremor were observed both in standing and sitting positions with increased time of microsurgical action.

**Conclusion.** The choice between sitting or standing pose for microsurgical operation is not a factor significantly affecting microsurgeon's spatial accuracy of movement and hand tremor. Duration of surgical intervention affects the level of microsurgical hand tremor.

**Keywords:** microsurgery, accuracy of surgical action, microsurgical hand tremor

**For citation:** Bykanov A.E., Pitskhelauri D.I., Kirushin M.A. et al. The effect of surgeon's pose and duration of operation on movement accuracy and level of microsurgical hand tremor. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):76–82. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-76-82>

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование физиологии точных движений остается одним из актуальных и многогранных направлений общей физиологии. Эта фундаментальная проблема имеет прямое отношение к вопросам эффективности микрохирургической техники.

Следующие факторы обычно рассматриваются в литературе как вероятно влияющие на микрохирургическую технику: использование  $\beta$ -блокаторов [1], опоры [2], прослушивания музыки в операционной [3, 4], длина хирургического инструмента [5], нарушение режима сна [6, 7], физические упражнения [8, 9], употребление кофеина [10, 11] и алкоголя [12, 13], число надетых на руки перчаток [14], употребление энергетических напитков [15].

«Твердая» рука хирурга может быть фактором, влияющим на успешность микрохирургических операций (нейрохирургических, кардиохирургических, вмешательств в трансплантологии и других областях медицины), что особенно актуально в условиях узкой и глубокой операционной раны при малоинвазивных микрохирургических доступах, которые широко применяются при высокотехнологичных операциях.

Известно, что некоторые микрохирурги и микрохирургические школы отдают предпочтение выполнению многочасовых микрохирургических операций в положении сидя и с обязательной опорой для рук в виде подлокотников, а по мнению других микрохирургов, это сковывает движения и затрудняет перемещения операционного микроскопа, поэтому они предпочитают выполнять операции в положении стоя.

**Цель исследования** — определить, насколько значимо влияние фактора выбора положения микрохирурга (стоя/сидя) на точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации 1964 г. с учетом последующих поправок к ней.

**Критерии включения.** С целью минимизации влияния фактора значительного предшествующего микро-

хирургического опыта были сформулированы следующие критерии включения испытуемых: возраст от 22 до 27 лет, обучение в ординатуре по микрохирургической специальности на момент проведения исследования, наличие базового опыта микрохирургического тренинга, подписание добровольного информированного согласия.

В результате в исследовании приняли участие 14 ординаторов-нейрохирургов (11 мужчин и 3 женщины), средний возраст которых составил 24,9 года (от 23 до 26 лет).

**Описание эксперимента. Устройства для тестирования.** Для оценки пространственной точности двигательного хирургического действия и уровня микрохирургического тремора использовали специально разработанные для тестирования устройства. Корпус устройства и его ограничивающие рамки имитировали трепанационное окно и раневой операционный ход, на дне которого располагалась хирургическая цель.

Пространственные характеристики задания (размеры трепанационного окна и раневого канала) для всех участников эксперимента были одинаковыми и максимально приближенными к реальной интраоперационной ситуации — нейрохирургических операций с использованием keyhole-техник.

Участникам эксперимента необходимо было выполнить через трепанационное отверстие размерами  $2,0 \times 2,0$  см и раневой канал длиной 3,5 см микрохирургическими ножницами Aescular FD034R длиной 16 мм разрез имитации арахноидальной оболочки головного мозга вокруг макета артериального сосуда (рис. 1).

При выполнении задания необходимо было сделать как можно меньше касаний микроножницами ограничивающих рамок устройства, имитирующих операционный раневой ход (в реальных условиях нейрохирургических операций это мозговая ткань, сосуды и нервы). Устройство для тестирования автоматически подсчитывало число касаний микроножниц к его ограничивающим рамкам и таким образом определяло пространственную точность двигательного хирургического действия. Помимо этого, определяли уровень



Рис. 1. Схематическое изображение точки цели

Fig. 1. Diagram of target point

микрохирургического тремора по данным акселерометра (STMicroelectronics, Швейцария), закрепленного на микрохирургическом инструменте. Размеры и масса используемого акселерометра ( $3 \times 3 \times 1$  мм, 0,04 г) не влияли на измеряемые частоты тремора. Вычисляли средние геометрические значения посекундных максимумов ускорений за период эксперимента (максимум ускорения ограничивался 0,1 g, чтобы дифференцировать ускорение тремора от ускорения целенаправленного движения) (рис. 2).

Каждый из участников исследования выполнял следующие эксперименты, результаты которых измеряли в 2 точках – 10 и 30 мин от начала выполнения микрохирургического задания:

- 1) исследование уровня пространственной точности и микрохирургического тремора в положении сидя, без опоры для рук: испытуемый выполнял микрохирургическое задание с помощью микрохирургических ножниц Aescular FD034R длиной 16 мм в положении сидя;
- 2) исследование уровня пространственной точности и микрохирургического тремора в положении стоя, без опоры для рук: дизайн эксперимента аналогичен описанному выше, за исключением положения тела (стоя).

Эксперименты № 1 и 2 выполнялись с интервалом минимум 6 ч с целью исключения влияния фактора усталости на результаты.

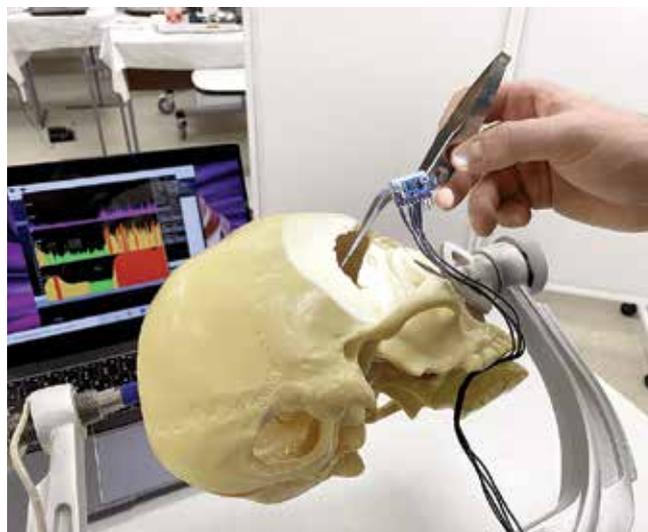


Рис. 2. Микрохирургические ножницы с закрепленным на них акселерометром

Fig. 2. Microsurgical scissors with attached accelerometer

**Статистический анализ.** Результаты экспериментов сравнивали между собой с помощью однофакторного анализа (критерий Вилкоксона). Различия признавали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты однофакторного анализа показали, что вариант положения микрохирурга (сидя/стоя) статистически значимо не влиял на пространственную точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора (табл. 1, 2, рис. 3, 4).

Выявлена статистически значимая разница в уровне микрохирургического тремора как в положении сидя, так и в положении стоя в зависимости от длительности выполнения микрохирургического задания.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Микрохирургическая техника – сложный комплекс целенаправленных и координированных действий. Стабильность нейрохирургического инструмента в руке оперирующего хирурга является одним из наиболее критических факторов во время оперативного вмешательства, так как при неконтролируемых движениях кончик микроинструмента может повредить ткани организма (которые в условиях реальной операции являются краями операционной полости) либо важные нервы и сосуды, их кровоснабжающие [16].

Нейрохирургические операции отличаются от других микрохирургических операций рядом признаков [17]:

- значительная длительность;
- узкое и глубокое операционное поле;
- края операционного поля часто являются функционально важными зонами головного мозга;

**Таблица 1.** Результаты измерений, полученные с помощью тестирующего устройства и акселерометра в ходе эксперимента: при разном положении микрохирурга (сидя/стоя), разном времени выполнения микрохирургического задания

**Table 1.** Measurement results obtained using the testing device and accelerometer during the experiment: in different surgeon's poses (sitting/standing) and different duration of microsurgical task

№ участника эксперимента Study participant No.	Точность двигательного хирургического действия (число касаний инструментом рамок устройства)* Accuracy of surgical action movement (number of touches of the device walls with the instrument)*				Уровень микрохирургического тремора (среднее геометрическое максимумов ускорений)*, g Level of microsurgical hand tremor (geometric mean of acceleration maxima)*, g			
	в положении сидя in sitting position		в положении стоя in standing position		в положении сидя in sitting position		в положении стоя in standing position	
	10 мин 10 minutes	30 мин 30 minutes	10 мин 10 minutes	30 мин 30 minutes	10 мин 10 minutes	30 мин 30 minutes	10 мин 10 minutes	30 мин 30 minutes
1	30	32	36	29	0,09331699	0,09959311	0,080871396	0,09112933
2	29	31	25	30	0,09324539	0,09963884	0,08076363	0,09113809
3	23	22	23	20	0,047010627	0,05394012	0,075716384	0,078231931
4	19	17	18	22	0,08346425	0,09273410	0,04322919	0,06194502
5	28	24	35	38	0,047072865	0,048261194	0,049879443	0,054916293
6	21	21	15	25	0,1	0,168947591	0,1	0,1
7	32	36	35	38	0,04343431	0,04891711	0,056611713	0,067925144
8	40	43	42	41	0,06064038	0,06614597	0,04799141	0,06164227
9	29	33	32	29	0,07270826	0,07842169	0,06881275	0,07119586
10	22	26	17	28	0,053540017	0,059851119	0,055950414	0,059904530
11	28	28	29	28	0,05539566	0,058619451	0,046984565	0,056497561
12	18	23	22	26	0,1	0,158092716	0,04759572	0,08681947
13	23	25	26	22	0,040894736	0,048876971	0,065470785	0,069795693
14	24	21	20	25	0,1	0,09867261	0,1	0,126951876
<i>p</i>	0,155		0,207		0,001**		0,002**	

\*Подробнее о способе измерения см. текст; \*\*различия статистически значимы.

\*Details on measurement method see in the text; \*\*statistically significant differences.

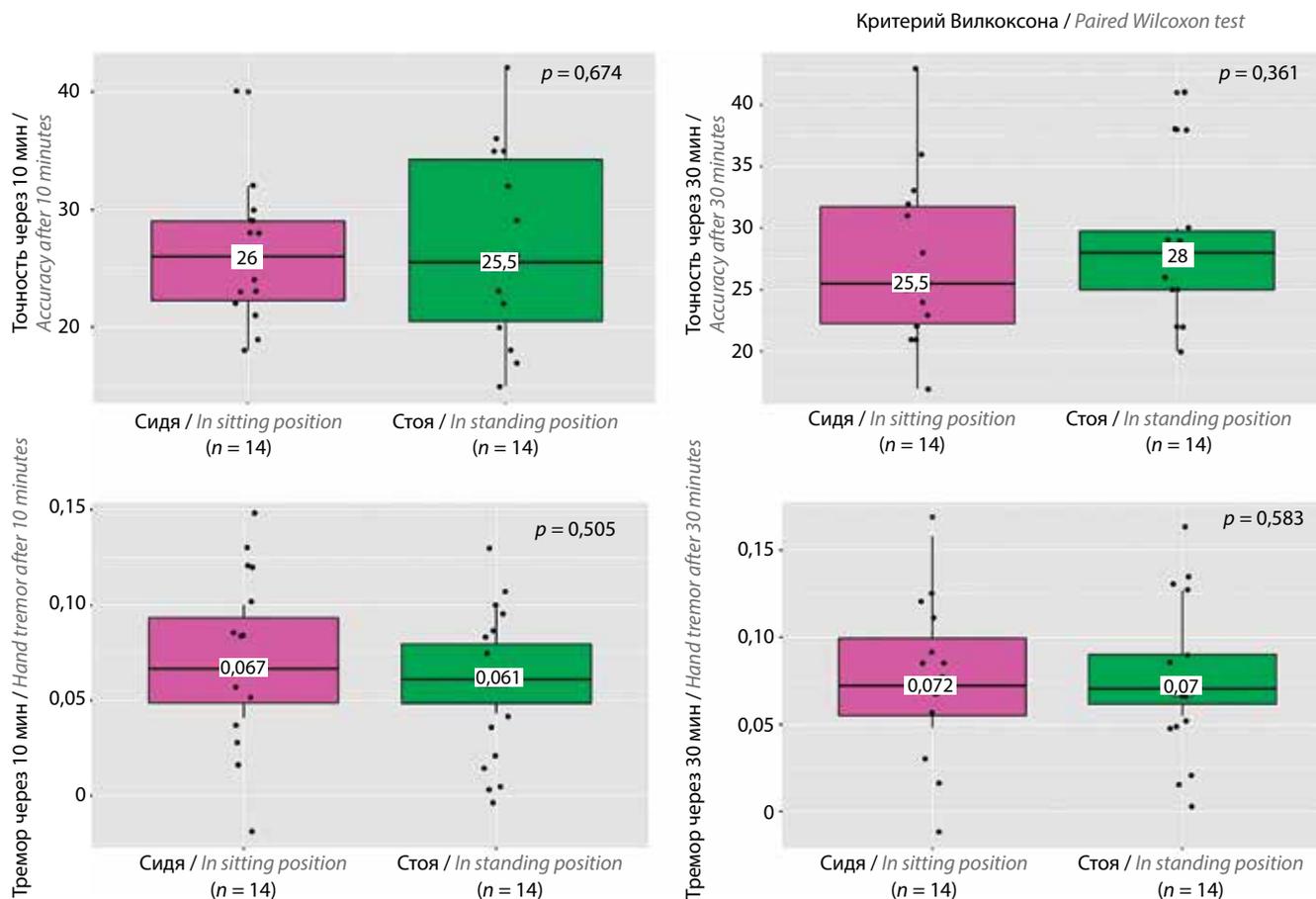
**Таблица 2.** Результаты однофакторного анализа данных, полученных в ходе экспериментов

**Table 2.** Results of univariant analysis of data obtained during the experiments

Оцениваемый показатель Estimated parameter	Положение хирурга сидя, Me (Q1; Q3) Sitting position of the surgeon, Me (Q1; Q3) (n = 14)	Положение хирурга стоя, Me (Q1; Q3) Standing position of the surgeon, Me (Q1; Q3) (n = 14)	<i>p</i>
Точность двигательного хирургического действия (число касаний ограничивающих рамок)*: Accuracy of surgical action movement (number of touches of the device walls)*: при длительности операции 10 мин in duration of the operation of 10 minutes при длительности операции 30 мин in duration of the operation of 30 minutes	26,1 (22,2; 29) 27,2 (22,2; 31,7)	26,7 (20,5; 34,2) 28,6 (25; 29,7)	0,674 0,361
Уровень микрохирургического тремора (среднее геометрическое максимумов ускорения)*, g: Level of microsurgical hand tremor (geometric mean of acceleration maxima)*, g: при длительности операции 10 мин in duration of the operation of 10 minutes при длительности операции 30 мин in duration of the operation of 30 minutes	0,07 (0,049; 0,093) 0,084 (0,055; 0,093)	0,066 (0,048; 0,08) 0,077 (0,062; 0,099)	0,505 0,583

\*Описание способа измерения оцениваемых показателей см. в тексте.

\*Details on measurement method see in the text.



**Рис. 3.** Оценка точности движений и уровня микрохирургического тремора в зависимости от положения микрохирурга (сидя/стоя) при разном времени операции

**Fig. 3.** Evaluation of microsurgeon's movement accuracy and hand tremor depending on microsurgeon's pose (sitting/standing) for different operative times

— некоторые виды операций можно выполнить только в положении оперирующего хирурга стоя.

Обучение и формирование микрохирургической техники молодых микрохирургов часто предопределены хирургической школой, в которую они попадают при поступлении в ординатуру. Это особенно заметно при посещении различных медицинских учреждений. В одних медицинских учреждениях подавляющее большинство микрохирургов предпочитают оперировать в положении стоя, а в других большинство использует специальные кресла и выполняет микрохирургические операции сидя.

Очевидным преимуществом положения сидя является меньшая нагрузка на мышцы ног и суставы нижних конечностей, что позволяет экономить энергию и фокусироваться на хирургической задаче. Помимо этого, возможность использования подлокотников и специальных подпорок для рук может значительно повысить точность двигательного хирургического действия.

По мнению микрохирургов, предпочитающих выполнять операции стоя, в положении сидя амплитуды движений и перемещений операционного микроскопа ограничены, в результате теряются мобильность и воз-

можность изменения углов атаки. Это особенно актуально при использовании малоинвазивных доступов, когда микрохирург по причине ограниченного операционного окна вынужден постоянно перемещать операционный микроскоп.

Полученные нами результаты говорят об отсутствии влияния положения микрохирурга сидя или стоя на пространственную точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора. Выявленные различия в уровне микрохирургического тремора в зависимости от длительности оперативного вмешательства, вероятно, связаны с фактором мышечной усталости.

Сравнить полученные результаты с результатами других авторов не удалось, так как нами не было найдено в литературе работ, в которых бы исследовалось влияние положения оперирующего хирурга стоя или сидя на точность двигательного хирургического действия и уровень микрохирургического тремора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования не выявлено значимой разницы в уровне точности движений и микрохирургического тремора в зависимости от позы оперирующего

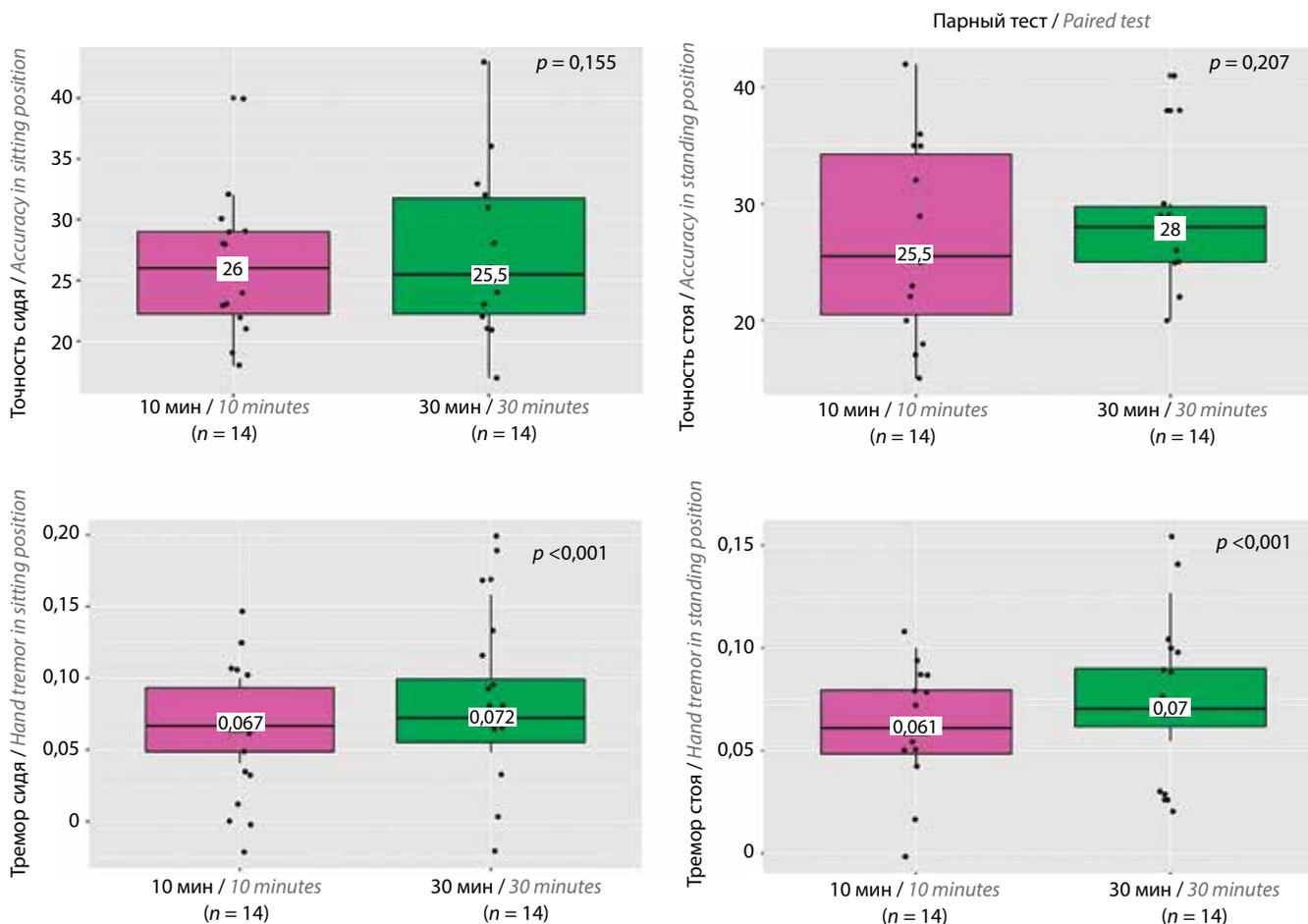


Рис. 4. Оценка точности движений и уровня микрохирургического тремора в зависимости от времени операции при разном положении микрохирурга (сидя/стоя)

Fig. 4. Evaluation of movement accuracy and hand tremor depending on surgery duration for different microsurgeon>s poses (sitting/standing)

хирурга стоя/сидя, что говорит об отсутствии необходимости строгих рекомендаций для обучающихся и моло-

дых нейрохирургов относительно выбора положения тела во время выполнения микрохирургических операций.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Lubahn J.D., Dickson B.G., Cooney T.E. Effect of Timolol vs. a postural orthotic on hand tremor during microsurgery. *Microsurgery* 2002;22(6):273–6. DOI: 10.1002/micr.10049
- Ohta T., Kuroiwa T. Freely movable armrest for microneurosurgery: technical note. *Neurosurgery* 2000;46(5):1259–61. DOI: 10.1097/00006123-200005000-00049
- Miskovic D., Rosenthal R., Zingg U. et al. Randomized controlled trial investigating the effect of music on the virtual reality laparoscopic learning performance of novice surgeons. *Surg Endosc* 2008;22(11):2416–20. DOI: 10.1007/s00464-008-0040-8
- Oomens P., Fu V.X., Kleinrensink V.E.E. et al. The effects of preferred music on laparoscopic surgical performance: a randomized crossover study. *World J Surg* 2020;44(8):2614–9. DOI: 10.1007/s00268-020-05523-0
- Bykanov A., Pitskhelauri D., Grachev N. Endogenous and exogenous factors affecting the surgical technique (review). *Sovrem Tekhnologii Med* 2020;12(2):93–9. DOI: 10.17691/stm2020.12.2.12
- Jakubowicz D.M., Price E.M., Glassman H.J. et al. Effects of a twenty-four hour call period on resident performance during simulated endoscopic sinus surgery in an accreditation council for graduate medical education-compliant training program. *Laryngoscope* 2005;115(1):143–6. DOI: 10.1097/01.mlg.0000150689.77764.ad
- Aggarwal R., Mishra A., Crochet P. et al. Effect of caffeine and taurine on simulated laparoscopy performed following sleep deprivation. *Br J Surg* 2011;98(11):1666–72. DOI: 10.1002/bjs.7600
- Mürbe D., Hüttenbrink K.B., Zahnert T. et al. Tremor in otosurgery: influence of physical strain on hand steadiness. *Otol Neurotol* 2001;22(5):672–7. DOI: 10.1097/00129492-200109000-00019
- Hsu P.A., Cooley B.C. Effect of exercise on microsurgical hand tremor. *Microsurgery* 2003;23(4):323–7. DOI: 10.1002/micr.10156
- Arnold R.W., Springer D.T., Engel W.K., Helveston E.M. The effect of wrist rest, caffeine, and oral timolol on the hand steadiness of ophthalmologists. *Ann Ophthalmol* 1993;25(7):250–3.

11. Urso-Baiarda F., Shurey S., Grobbelaar A.O. Effect of caffeine on microsurgical technical performance. *Microsurgery* 2007;27(2): 84–7. DOI: 10.1002/micr.20311
12. Kocher H., Warwick J., Al-Ghnam R., Patel A. Surgical dexterity after a 'night out on the town'. *ANZ J Surg* 2006;76(3):110–2. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2006.03664.x
13. Dorafshar A.H., O'Boyle D.J., McCloy R.F. Effects of a moderate dose of alcohol on simulated laparoscopic surgical performance. *Surg Endosc* 2002;16(12):1753–8. DOI: 10.1007/s00464-001-9052-3
14. Hardison S.A., Pyon G., Le A. et al. The effects of double gloving on microsurgical skills. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;157(3):419–23. DOI: 10.1177/0194599817704377
15. Bykanov A., Kiryushin M., Zagidullin T. et al. Effect of energy drinks on microsurgical hand tremor. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2021;9(4):e3544. DOI: 10.1097/gox.0000000000003544
16. Harwell R.C., Ferguson R.L. Physiologic tremor and microsurgery. *Microsurgery* 1983;4(3):187–92. DOI: 10.1002/micr.1920040310
17. Yadav Y.R., Parihar V., Ratre S. et al. Microneurosurgical skills training. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2016;77(2):146–54. DOI: 10.1055/s-0034-1376190

#### Вклад авторов

А.Е. Быканов: разработка концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи, подготовка рукописи;

Д.И. Пицхелаури: внесение критических правок, редактирование текста статьи;

М.А. Кирюшин: сбор и анализ данных;

О.А. Растворова: сбор и анализ данных, редактирование текста статьи;

Т.Р. Загидуллин: статистический анализ данных.

#### Authors' contribution

A.E. Bykanov: development of the research concept and design, data collection and analysis, data interpretation, article writing and editing, preparation of the manuscript;

D.I. Pitskhelauri: making critical edits and editing of the article;

M.A. Kirushin: data collection and analysis;

O.A. Rastvorova: data collection and analysis, editing of the article;

T.R. Zagidullin: statistical data analysis.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

А.Е. Быканов / A.E. Bykanov: <https://orcid.org/0000-0002-0588-4779>

Д.И. Пицхелаури / D.I. Pitskhelauri: <https://orcid.org/0000-0003-0374-7970>

О.А. Растворова / O.A. Rastvorova: <https://orcid.org/0000-0003-2820-9124>

Т.Р. Загидуллин / T.R. Zagidullin: <https://orcid.org/0000-0002-5621-6834>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-75-10117.

**Funding.** The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-75-10117.

Статья поступила: 14.11.2022. Принята к публикации: 24.10.2023.

Article submitted: 14.11.2022. Accepted for publication: 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-83-91>

# ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ НЕВРАЛГИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО НЕРВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В.С. Дементьевский<sup>1</sup>, Е.А. Лехнов<sup>2</sup>, С.С. Балдина<sup>3</sup>, Г.Н. Литвинчук<sup>2</sup>, Д.А. Рзаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии»; Россия, 107031 Москва, ул. Петровка, 25, стр. 2;

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

<sup>3</sup>ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»; Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 130

**Контакты:** Евгений Анатольевич Лехнов [lekchnov@gmail.com](mailto:lekchnov@gmail.com)

Невралгия промежуточного нерва (НПН) – редкая патология, диагностика которой сложна, а общепринятый хирургический протокол лечения на сегодняшний день отсутствует. В связи с этим выбор оптимальной хирургической стратегии нередко представляет собой сложную задачу.

Цель работы – определить оптимальный хирургический подход для лечения пациентов с НПН с использованием интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ).

Представлен случай пациентки, у которой диагностирована НПН. Интраоперационно была выполнена диссекция вестибулокохлеарного комплекса с пересечением промежуточного нерва под контролем ИОНМ. В раннем послеоперационном периоде у больной отмечался регресс болей в ухе, однако определялись вкусовые расстройства в передних отделах левой половины языка. В отдаленном послеоперационном периоде диагностированы отсроченный парез лицевого нерва и признаки раневой ликвореи, которые после проведения консервативной терапии и повторного хирургического вмешательства полностью регрессировали. Период катamnестического наблюдения составил >12 мес, достигнут стойкий регресс отоалгии.

Пересечение промежуточного нерва является эффективной и распространенной методикой для лечения пациентов с НПН. Использование ИОНМ позволяет улучшить хирургические результаты и снизить вероятность развития различных осложнений.

**Ключевые слова:** невралгия промежуточного нерва, микроваскулярная декомпрессия, мостомозжечковый угол, интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

**Для цитирования:** Дементьевский В.С., Лехнов Е.А., Балдина С.С. и др. Хирургическое лечение невралгии промежуточного нерва с использованием интраоперационного нейрофизиологического мониторинга. Нейрохирургия 2024;26(1):83–91. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-83-91>

## Surgical treatment of intermediate nerve neuralgia using intraoperative neurophysiological monitoring

V.S. Dementievskiy<sup>1</sup>, E.A. Lekhnov<sup>2</sup>, S.S. Baldina<sup>3</sup>, G.N. Litvinchuk<sup>2</sup>, D.A. Rzaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific and Clinical Center of Intensive Care and Rehabilitation; Bld. 2, 25 Petrovka St., Moscow 107031, Russia;

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

<sup>3</sup>Novosibirsk State Regional Clinical Hospital; 130 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

**Contacts:** Evgeniy Anatolyevich Lekhnov [lekchnov@gmail.com](mailto:lekchnov@gmail.com)

Intermediate nerve neuralgia (INN) is a rare pathology with difficult diagnostics and currently there is no generally accepted surgical management protocol. In this regard, an optimal surgical strategy in this case is a difficult task.

The aim was to determine an optimal approach for surgical management of patients with INN using intraoperative neurophysiological monitoring (IONM).

The INN was diagnosed in a patient, a vestibulo-cochlear complex dissection with intermediate nerve sectioning under IONM control of was performed intraoperatively. There was the earache regression, but there were gustatory disorders

in the anterior portion on the left side of the tongue in the early postoperative period. In the late postoperative period, a delayed facial nerve paresis and signs of liquorrhea were diagnosed, which were completely regressed after reoperation and medication. The follow-up period was more than 12 months; a stable regression of otoalgia was achieved. Intermediate nerve sectioning is an effective and common technique for the treatment of patients with INN. IONM improves surgical results and reduces a likelihood of different complications.

**Keywords:** neuralgia of the intermediate nerve, microvascular decompression, cerebellopontine angle, intraoperative neurophysiological monitoring

**For citation:** Dementievskiy V.S., Lekhnov E.A., Baldina S.S. et al. Surgical treatment of intermediate nerve neuralgia using intraoperative neurophysiological monitoring. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1): 83–91. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-83-91>

## ВВЕДЕНИЕ

Невралгия промежуточного нерва (НПН) (нерва Врисберга), или геникулятная невралгия, — очень редкое заболевание, встречающееся в ограниченном числе случаев [1]. НПН впервые была упомянута John Nottingham в 1857 г. как “*tic douloureux of the ear*” и впоследствии описана рядом авторов [2, 3]. А в 1907 г. James Ramsey Hunt систематизировал данные о НПН и предложил термин «геникулятная невралгия» [3]. Ввиду редкости заболевания точная причина НПН остается неизвестной [4]. Существует предположение об инфекционной природе заболевания (*Herpes zoster*, в частности синдром Рамсея Ханта), но наиболее вероятная причина — компрессия промежуточного нерва (ПН) вследствие нейроваскулярного конфликта (НВК) [5, 6].

Клинически НПН проявляется короткими приступами стреляющей боли в глубине уха с иррадиацией в ретроаурикулярную область, а при наиболее тяжелом течении — в височную область. При этом приступы болей могут сопровождаться слезотечением, слюноотделением и изменениями вкусоощущения [7, 8]. По характеру боли могут иметь постепенное или пароксизмальное начало, носить тупой, стойкий характер либо быть резкими, колющими [9], что в конечном счете значительно снижает качество жизни пациентов. Необходимо отметить, что клиническая диагностика НПН достаточно сложна в связи со сложной иннервацией ушной раковины тройничным, языкоглоточным, блуждающим, промежуточным и затылочными нервами [6, 9, 10]. Также затруднена и нейровизуализация ПН ввиду его малых размеров и индивидуальных анатомических особенностей (вариабельность хода нерва, ход ПН внутри комплекса VII–VIII нервов, разделение ПН на отдельные корешки) [8, 10–12].

На сегодняшний день общепринятая схема хирургического лечения НПН отсутствует, однако были предложены такие подходы, как пересечение ПН, микроваскулярная декомпрессия (МВД) ПН в сочетании с МВД других черепных нервов (тройничного, языкоглоточного), иссечение геникулятного ганглия. Данные об использовании интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ИОНМ) при НПН

также ограничены, несмотря на его очевидную ценность [11, 13]. Таким образом, определение оптимальной хирургической тактики при НПН с использованием ИОНМ позволит не только улучшить результаты хирургического лечения, но и уменьшить число послеоперационных осложнений.

Цель работы — определить оптимальный хирургический подход для лечения пациентов с НПН с использованием ИОНМ.

В статье представлен клинический случай пациентки с НПН, оперированной с применением ИОНМ. Обсуждены возможные хирургические подходы в зависимости от интраоперационной картины.

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

**Пациентка С., 62 лет, с более чем 20-летней историей заболевания, поступила с жалобами на частые эпизоды интенсивной простреливающей боли без видимых провоцирующих факторов внутри, в глубине левого уха и за ухом (интенсивность болей — до 8–9 баллов по визуальной аналоговой шкале), зуд внутри уха и в наружном слуховом проходе, ноющие боли в области верхней и нижней челюстей, затылочной области слева с меньшей интенсивностью (3 балла по визуальной аналоговой шкале). Лицевые боли и боли в ухе не имели выраженного вегетативного сопровождения. Отоалгии частично уменьшались при приеме прегабалина в дозе до 235 мг/сут и незначительно — при приеме карбамазепина. Неоднократные блокады затылочных нервов местными анестетиками уменьшали боли в лице, но при этом боли в ухе сохранялись. В первые годы заболевание проявлялось периодами ухудшений и ремиссий, однако с 2018 г. боли стали носить персистирующий характер. В связи с болевым синдромом пациентка длительно наблюдалась у оториноларинголога, получала консервативную терапию, дважды перенесла операцию на барабанной полости трансметальным доступом (2007 и 2008 гг.), но без значимого улучшения.**

*При неврологическом осмотре убедительной болезненности тригеминальных точек, курковых зон на лице не выявлено. Отмечалась легкая субъективная гиперпатия в зонах V1, V2 слева и ретроаурикулярной области, а также умеренной степени нейросенсорная тугоухость*

на левое ухо. Боли провоцировались раздражением кожи внутреннего слухового прохода. Двигательные функции лицевого и тройничного нервов были не изменены, признаки вегетативных прозопагий не выявлены, нарушений слюно- и слезоотделения, изменений вкусоощущения пациентка не отмечала. В нейроортопедическом статусе были выявлены триггерные точки в мышцах затылочной группы и грудинно-ключично-сосцевидной мышце слева, при прессорном воздействии на которые возникала характерная для пациентки боль в лице, но интенсивность и характер болей в ухе не изменялись.

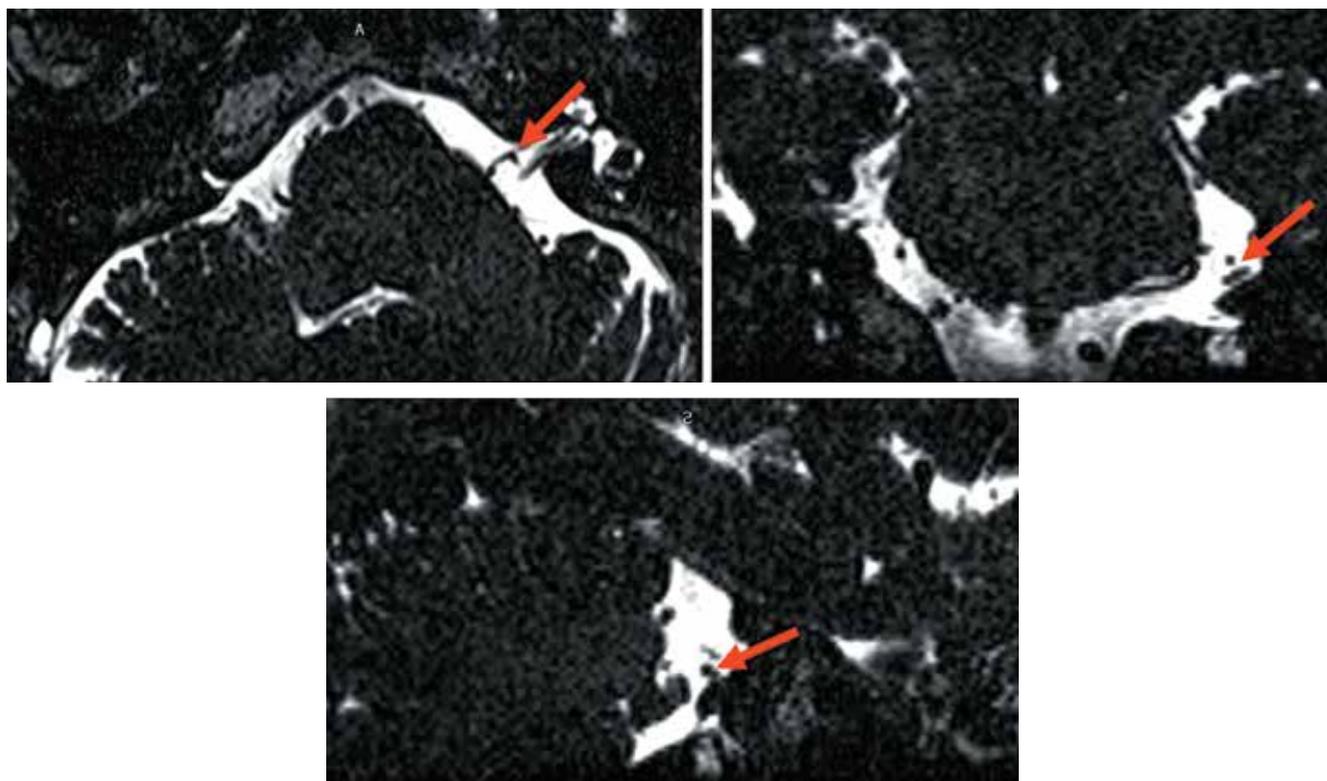
По данным магнитно-резонансной томографии головного мозга (3 Тл) выявлены признаки контакта комплекса VII–VIII нервов и передней нижней мозжечковой артерии (ПНМА) (рис. 1).

Пациентка была оперирована в ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Новосибирск).

**Оперативное вмешательство.** Операция проводилась под общей анестезией с внутривенной инфузией пропофола и фентанила без использования миорелаксантов на основном этапе операции. В положении на правом боку для подхода к мостомозжечковому углу (ММУ) выполнена стандартная ретросигмоидная краниоэктомия. Препарирована большого диаметра петля ПНМА, полностью выделена и отведена от слухового прохода.

При этом явных признаков НВК не выявлено. В ходе дальнейших манипуляций под контролем ИОНМ тщательно препарирована акустико-фациальная группа нервов (рис. 2). ПН диаметром < 1 мм визуально и нейрофизиологически идентифицирован между слуховым и вестибулярным нервами в их цистернальной порции (рис. 3) и пересечен, а также иссечено около 5 мм его цистернального фрагмента (рис. 4). Рана ушита послойно.

**ИОНМ.** Интраоперационно проводился нейрофизиологический мониторинг слуховых вызванных потенциалов на оборудовании Cadwell Cascade (регистрирующие электроды установлены в проекции A1, A2, Cz по системе 10–20, интенсивность стимула справа и слева составила 90 дБ, частота стимула – 17,1 Гц, выполнялось 750 усреднений). При регистрации слуховых вызванных потенциалов справа пики I, III, V отчетливо определялись на всех этапах операции. До начала основного этапа операции при регистрации слуховых вызванных потенциалов слева отмечалось снижение амплитуды III и V пиков. После завершения основного этапа операции и на этапе гемостаза пики I, III, V слева не определялись. Для мониторинга ПН и лицевого нерва игольчатые стерильные электроды устанавливали транскутанно на стороне оперативного вмешательства в проекции *m. orbicularis oris*. Ground-электрод устанавливали в проекции Fz. Прямая стимуляция лицевого нерва и ПН проводилась



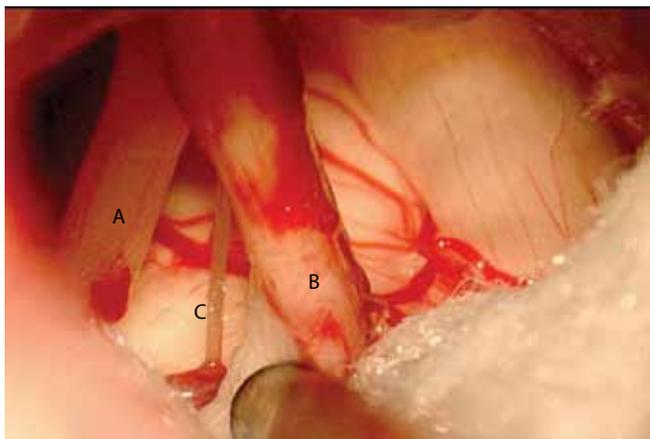
**Рис. 1.** Магнитно-резонансная томография головного мозга. В CISS-режиме отмечается соприкосновение левого лицевого нерва с сосудистой петлей ПНМА. Нейроваскулярный конфликт отмечен красными стрелками

**Fig. 1.** Magnetic resonance imaging of the brain. In CISS mode, there is a contact of the left facial nerve with the AICA vascular loop. Neurovascular conflict is marked with a red arrows



**Рис. 2.** Нейрофизиологическая и визуальная идентификация нервов акустико-лицевой группы. А – лицевой нерв; В – вестибулярный нерв

**Fig. 2.** Neurophysiological and visual identification of the acoustic-facial group nerves: A – facial nerve; B – vestibular nerve



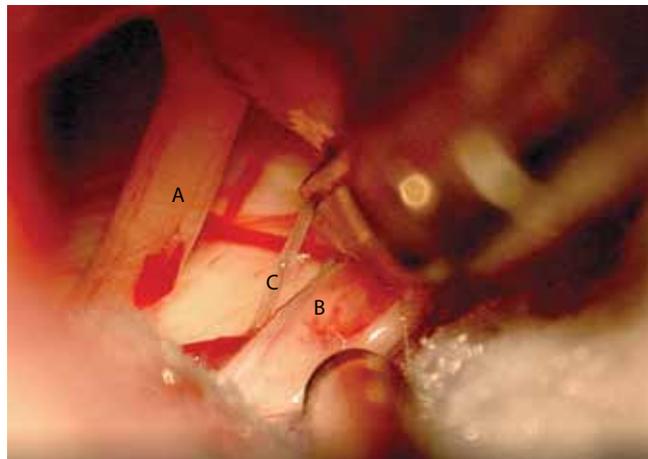
**Рис. 3.** Выделенные нервы комплекса VII–VIII: А – лицевой нерв; В – вестибулярный нерв, С – промежуточный нерв

**Fig. 3.** Identified nerves of the complex VII–VIII: A – facial nerve; B – vestibular nerve, C – intermediate nerve

при помощи биполярного концентрического электрода (Inpoted, 2 мм) при силе стимулов 0,5–1 мА. Поскольку ПН помимо чувствительных и парасимпатических волокон содержит крупные двигательные волокна и вместе с лицевым нервом принимает участие в иннервации лицевой мускулатуры [13], для стимуляции последнего также использовали биполярную стимуляцию (0,5–7 мА, Inpoted, 2 мм).

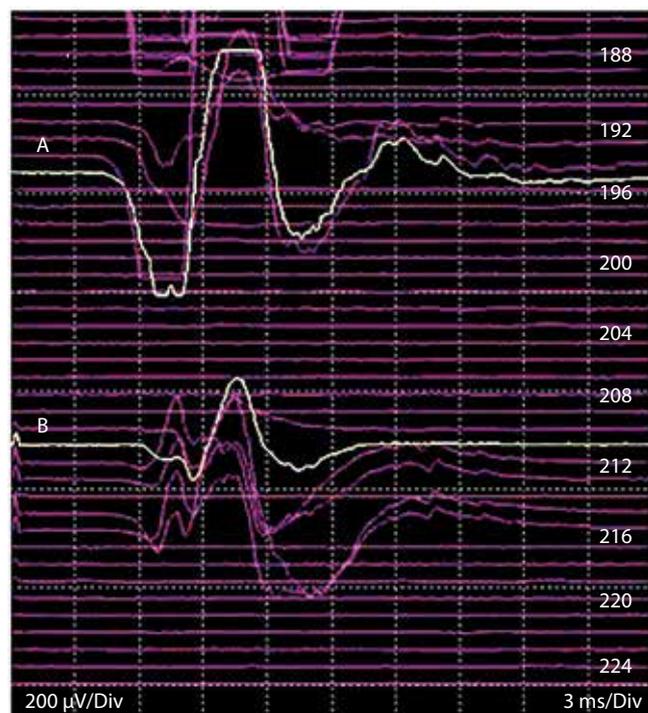
Под визуальным контролем были получены М-ответы при стимуляции лицевого нерва на токе 1 мА и ПН – на токе 7 мА (рис. 5).

Амплитуда ответов при прямой стимуляции лицевого нерва составила не менее 600 мкВ с латентностью сигнала 3,92 мс, ПН – 200 мкВ и 6,46 мс соответственно. Очевидно, что амплитуда М-ответов при стимуляции лицевого нерва была больше ввиду «срезанности» пиков (см. рис. 5). Необходимо отметить, что амплиту-



**Рис. 4.** Этап пересечения промежуточного нерва. А – лицевой нерв; В – вестибулярный нерв; С – промежуточный нерв

**Fig. 4.** Intermediate nerve section. A – facial nerve; B – vestibular nerve; C – intermediate nerve



**Рис. 5.** Двигательные ответы мимической мускулатуры при стимуляции лицевого (А) и промежуточного (В) нервов

**Fig. 5.** Motor responses of facial muscles during facial (A) and intermediate (B) nerves stimulation

да ответов при прямой стимуляции лицевого нерва не менее чем в 3 раза превысила амплитуду ответов ПН, а латентность – в 1,65 раза соответственно.

**Послеоперационный период.** В раннем послеоперационном периоде боли в ухе и заушной области регрессировали, дополнительных симптомов в виде слабости мимических мышц не отмечалось. Функция слуха по сравнению с дооперационным периодом не изменилась. Вероятно, исчезновение слуховых вызванных потенциалов

во время операции слева могло быть связано с тракцией VIII нерва. При прицельном тестировании вкуса выявлено снижение ощущения соленого и сладкого в передних отделах левой половины языка, при этом сама пациентка жалоб на нарушения вкуса не предъявляла. Ксеростомия и ксерофтальмия не определялись. Отмечалась преходящая периферическая вестибулопатия: жалобы на головокружение вращательного характера при смене положения головы, шаткость походки. При клинической оценке отмечено снижение вестибулоокулярного рефлекса слева, выявленное при пробах Хальмаги и Унтерберге-ра, отклонение влево в позе Ромберга, атаксия при ходьбе. На фоне проводимой терапии бетагистином и вестибулярной гимнастики достигнута удовлетворительная вестибулярная компенсация в течение 6–7 дней. Послеоперационный период госпитализации составил 8 дней, пациентка в состоянии без особенностей выписана на амбулаторное лечение.

**Особенности дальнейшего течения заболевания.** На 14–15-й день после операции пациентка пожаловалась на слабость мимических мышц слева, что было расценено как отсроченный парез лицевого нерва, вызванный реактивацией вируса простого герпеса после манипуляций на нервах ММУ (тяжесть — 3 балла по шкале House–Brackmann). После проведенного курса лечения ацикловиром в дозе 2000 мг/сут (5 сут), дексаметазоном в дозе 8 мг/сут (5 сут) и начатой мимической гимнастики был достигнут полный регресс прозопареза в течение 14 дней.

На 23-й день после операции у пациентки были отмечены проявления раневой ликвореи, потребовавшей повторной госпитализации, ревизии раны с аутопластикой твердой мозговой оболочки, наружного люмбального дренирования в течение 5 дней с благоприятным исходом.

Пациентка выписана через 12 дней без признаков ликвореи и инфекционных осложнений. Период катamnестического наблюдения составил >12 мес, боли не рецидивировали, отдаленный послеоперационный период протекал без особенностей.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на разнообразие хирургических подходов к лечению НПН, общепринятая тактика на сегодняшний день отсутствует. Кроме того, ввиду крайней редкости данной патологии большинство исследований содержат небольшие выборки пациентов, а дизайны исследований различаются, что в целом затрудняет сопоставление их результатов.

Однако стоит отметить, что невралгии черепно-мозговых нервов в этиологических и патофизиологических аспектах имеют много общего [14–16]. Таким образом, с учетом знаний о причинах развития и патофизиологии невралгий черепно-мозговых нервов, в частности НПН, были предложены различные хирургические подходы, такие как пересечение ПН, МВД ПН, удаление геникулятного ганглия или ризо-

томия V, IX, X черепных нервов (см. таблицу). При этом наиболее часто применяемыми хирургическими методами на сегодняшний день являются пересечение ПН или МВД ПН (комплекса VII–VIII) (см. таблицу) [5, 8].

Считается, что основная причина НПН — сосудистый конфликт ПН в зоне выхода корешка из ствола (root entry zone), аналогичный НВК других черепных нервов [6, 17]. В силу анатомической близости ПНМА, задняя нижняя мозжечковая артерия либо ветви позвоночных артерий могут вызывать сдавление комплекса VII–VIII нервов, включая ПН [1, 5, 17]. Так, ПНМА может приводить к компрессии в 75 % случаев, а задняя нижняя мозжечковая артерия и ветви позвоночных артерий — в 25 % случаев [1, 5, 10, 17]. Транспозиция артерий приводит к декомпрессии нерва и немедленному регрессу болевого синдрома [10]. Такие операции выполняются с минимальным риском возникновения осложнений после вмешательства и дают хорошие результаты с регрессом болевого синдрома [6, 10, 17]. Однако не всегда интраоперационно можно обнаружить НВК причинного сосуда с комплексом VII–VIII нервов. В этом случае возможным эффективным методом лечения НПН является пересечение ПН (см. таблицу). Во время данной процедуры оперирующий хирург может столкнуться с рядом трудностей с риском развития послеоперационных неврологических осложнений. Например, для визуализации ПН необходимо выделить последний из комплекса VII–VIII нервов с риском повреждения (тракции) лицевого и/или вестибулокохлеарного нервов, что может привести к развитию послеоперационного прозопареза или снижению слуха [6, 17]. Кроме того, после пересечения ПН у пациентов могут отмечаться так называемые малые осложнения в виде расстройства вкуса на стороне операции, расстройства слезоотделения или преходящая слабость *m. levator labialis* на стороне операции [6]. В связи с этим для минимизации риска послеоперационного неврологического дефицита со стороны акустико-фациальной группы нервов во время диссекции комплекса VII–VIII следует соблюдать особую осторожность и обязательно использовать нейрофизиологический мониторинг.

Помимо вышеописанных методик для лечения НПН и при сопутствующих невралгиях ранее были предложены и другие хирургические подходы, такие как МВД или ризотомия V, IX, X черепных нервов, иссечение геникулятного ганглия [3, 18], однако ряд из них представляют лишь исторический интерес (см. таблицу).

На наш взгляд, с практической точки зрения в хирургии НПН необходимо решить ряд ключевых вопросов, от которых будет зависеть эффективность лечения и избавление пациента от мучительных болей.

Прежде всего, необходимо тщательное, всестороннее клиническое и нейровизуализационное обследование

Хирургические методы лечения невралгии промежуточного нерва и сопутствующих невралгий черепных нервов и их результаты  
Intermediate nerve neuralgia and concomitant neuralgia surgical management and surgery results

Авторы, источник Authors, source	Число пациентов Number of patients	Хирургические вмешательства при невралгии ПН, n Surgical operations for IN neuralgia, n			Хирургические вмешательства при сопутствующих невралгиях ЧН, n Surgical operations for concomitant neuralgia of CN, n						Исходы, n Outcomes, n				Среднее время наблюдения Average observation time	
		Пересечение ПН IN sectioning	МВД ПН IN MVD	Удаление ГГ GG resection	Сопутствующие невралгии Concomitant neuralgia	V		IX		X		Улучшение Improvement	Боль прошла No pain	Боль сохраняется Pain persists		Рецидив Recurrence
					Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD	Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD	Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD	Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD				
R. Zheng и соавт., 2021 [6] R. Zheng et al., 2021 [6]	23		23										22	1	1	6 мес 6 months
K. Onoda и соавт., 2020 [10] K. Onoda et al., 2020 [10]	1		1										1			1 год 1 year
D.D. George, T.S. Ridder, 2020 [12]	1	1 (Л, П) 1 (L, R)	1 (Л, П) 1 (L, R)					1 (Л, П) 1 (L, R)				1 (Л) 1 (L)	1 (Л, П) 1 (L, R)			18 мес (Л), 10 мес (П) 18 months (L), 10 months (R)
W.E. Clifton и соавт., 2019 [19] W.E. Clifton et al., 2019 [19]	12	11	7										10	2	2	Не указано Not indicated
M. Peris-Celda и соавт., 2018 [5] M. Peris-Celda et al., 2018 [5]	11	9	2	7	1	4	2	3	2 <sup>a</sup>				4	5	5	37 мес 37 months
K.G. Holste и соавт., 2018 [4] K.G. Holste et al., 2018 [4]	15	14	5	10		8	2	2	2					6	6	6,4 года 6.4 years
E. Goulin Lippi Fernandes и соавт., 2018 [17] E. Goulin Lippi Fernandes et al., 2018 [17]	8		8										7	1	1	35 мес 35 months

Продолжение таблицы  
Continuation of table

Авторы, источник Authors, source	Число пациентов Number of patients	Хирургические вмешательства при невралгии ПН, n Surgical operations for IN neuralgia, n			Хирургические вмешательства при сопутствующих невралгиях ЧН, n Surgical operations for concomitant neuralgia of CN, n						Исходы, n Outcomes, n				Среднее время наблюдения Average observation time	
		Пересечение ПН IN sectioning	МВД ПН IN MVD	Удаление ГГ GG resection	Сопутствующие невралгии Concomitant neuralgia	V		IX		X		Улучшение Improvement	Боль прошла No pain	Боль сохраняется Pain persists		Рецидив Recurrence
						Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD	Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD	Ризотомия Rhizotomy	МВД MVD					
R.S. Tubbs и соавт., 2013 [20] R.S. Tubbs et al., 2013 [20]	1	1						1				1			16 мес 16 months	
F.D. Özer и соавт., 2009 [21] F.D. Özer et al., 2009 [21]	1	1										1			4 года 4 years	
J.L. Pules, 2002 [9]	64	64		64	Не указано <sup>e</sup> Not indicated <sup>e</sup>							1	63		Не указано Not indicated	
V. Rupa и соавт., 1991 [18] V. Rupa et al., 1991 [18]	18	14 <sup>d</sup>	5	10	Не указано <sup>e</sup> Not indicated <sup>e</sup>	3	14	5	5	11	5	13	5		3,3 года 3.3 years	

<sup>a</sup> Частичная ризотомия корешков; <sup>b</sup> в раннем послеоперационном периоде боль полностью регрессировала; <sup>c</sup> в первые 2 нед боль регрессировала полностью; <sup>d</sup> также выполнено пересечение барабанного нерва (4 пациента) и барабанной струны (1 пациент); <sup>e</sup> не указано точное число.

<sup>a</sup> Partial rhizotomy; <sup>b</sup> pain completely regressed in the early postoperative period; <sup>c</sup> pain regressed completely during 2 weeks; <sup>d</sup> tympanic nerve sectioning (4 patients) and chorda tympani sectioning (1 patient) were also performed; <sup>e</sup> exact number not indicated.

**Примечание.** ПН – черепные нервы; МВД – микроваскулярная декомпрессия; ГГ – ганглиальный ганглий; Л – левая сторона; П – правая сторона; V – тройничный нерв; IX – языкоглоточный нерв; X – блуждающий нерв.

Note. IN – intermediate nerve; CN – cranial nerve; MVD – microvascular decompression; GG – geniculate ganglion; L – left side; R – right side; V – trigeminal nerve; IX – glossopharyngeal nerve; X – vagus nerve.

с подтверждением или исключением сопутствующих невралгий и заболеваний, имитирующих НПН. Это позволит сделать хирургические манипуляции более ограниченными и целенаправленными, избежать диагностических ошибок и необоснованных подходов, таких как превентивная эксплорация всех 3 этажей ММУ.

Второй вопрос касается тактики и методики хирургического лечения НПН. При наличии НВК ПН с причинным сосудом патогенетически обоснована методика МВД комплекса VII–VIII черепных нервов, а следовательно, и ПН в составе комплекса. Однако, если НВК не определяется ни по данным нейровизуализации, ни интраоперационно, но при этом имеются четкие клинические признаки НПН (и исключены другие возможные причины болей), следует ограничиться пересечением ПН. В этом случае прекращается передача патологической импульсации через ПН. В то же время стоит отметить, что такие подходы, как МВД или пересечение ПН, приемлемы лишь в случае изолированной НПН. При наличии сопутствующей невралгии дополнительно необходимо выполнить МВД клинически значимого нерва. При этом «превентивную» эксплорацию всех 3 этажей ММУ без каких-либо признаков невралгий других черепных нервов считаем нецелесообразной, поскольку прилегание сосуда (например, ПНМА) к нерву может встречаться и в норме, но без каких-либо признаков невралгии [14, 15].

И третий вопрос касается применения ИОНМ. В связи с анатомическими особенностями хода ПН он не всегда может быть визуализирован, либо видны не все его ветви [6]. При этом неполное пересечение ПН или его ветвей будет способствовать сохранению болевого синдрома [6]. ИОНМ ПН при достаточном опыте нейрофизиологов способен помочь в таких случаях.

Ранее в гистологических исследованиях было показано, что ПН содержит до 0,5 % больших (>12 мкм в диаметре) миелинизированных моторных волокон и отвечает за активацию периоральной мускулатуры, в частности за подъем угла рта [13]. При этом амплитудно-временные параметры ПН и лицевого нерва при стимуляции отличаются [2, 13], что может быть использовано для интраоперационной детекции ПН, особенно в случаях отсутствия его визуального интраоперационного контроля [11]. Также это имеет большое значение в условиях измененной анатомии ММУ (например, при вестибулярных шванномах) [11] или в норме при переменном ходе ПН.

Таким образом, решение перечисленных вопросов позволит не только эффективно отбирать пациентов для оперативного вмешательства, но и применять более направленные интраоперационные методики для более эффективного лечения пациентов с минимальным риском развития послеоперационных осложнений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невралгия промежуточного нерва – очень редкое и сложное в диагностическом плане заболевание. При установлении диагноза следует уделять особое внимание дифференциальной диагностике с привлечением современных дополнительных методов исследования. Применение прецизионной хирургии совместно с нейрофизиологическим мониторингом позволит не только прицельно устранить основную причину болевого синдрома, но и свести к минимуму риски нежелательных послеоперационных осложнений, таких как парез лицевого нерва или снижение слуха на стороне операции, что в целом улучшит исходы хирургического лечения и сохранит качество жизни пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Tang I.P., Freeman S.R., Kontorinis G. et al. Genuiculate neuralgia: a systematic review. *J Laryngol Otol* 2014;128(5):394–9. DOI: 10.1017/S0022215114000802
2. Alfieri A., Strauss C., Prell J., Peschke E. History of the nervus intermedius of Wrisberg. *Ann Anat* 2010;192(3):139–44. DOI: 10.1016/j.aanat.2010.02.004
3. Pulec J.L. Genuiculate neuralgia: diagnosis and surgical management. *Laryngoscope* 1976;86(7):955–64. DOI: 10.1288/00005537-197607000-00008
4. Holste K.G., Hardaway F.A., Raslan A.M., Burchiel K.J. Pain-free and pain-controlled survival after sectioning the nervus intermedius in nervus intermedius neuralgia: a single-institution review. *J Neurosurg* 2019;131(2):352–9. DOI: 10.3171/2018.3.JNS172495
5. Peris-Celda M., Oushy S., Perry A. et al. Nervus intermedius and the surgical management of genuiculate neuralgia. *J Neurosurg* 2019;131(2):343–51. DOI: 10.3171/2018.3.JNS172920
6. Zheng R., Zhao C., Zhao Z. et al. Case report: direct visualization of the nervus intermedius during the microvascular decompression procedure: should we take it seriously? *Front Neurol* 2021;12:666427. DOI: 10.3389/fneur.2021.666427
7. Baldauf J., Rosenstengel C., Schroeder H.W.S. Nerve compression syndromes in the posterior cranial fossa. *Dtsch Arztebl Int* 2019;116(4):54–60. DOI: 10.3238/arztebl.2019.0054
8. Inoue T., Shima A., Hirai H. et al. Nervus intermedius neuralgia treated with microvascular decompression: a case report and review of the literature. *NMC Case Rep J* 2017;4(3):75–8. DOI: 10.2176/nmccrj.cr.2016-0261
9. Pulec J.L. Genuiculate neuralgia: long-term results of surgical treatment. *Ear Nose Throat J* 2002;81(1):30–3. DOI: 10.1177/014556130208100110
10. Onoda K., Kawaguchi A., Takaya Y. et al. A case of nervus intermedius neuralgia. *World Neurosurg* 2020;137:89–92. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.01.034

11. Ashram Y.A., Jackler R.K., Pitts L.H., Yingling C.D. Intraoperative electrophysiologic identification of the nervus intermedius. *Otol Neurotol* 2005;26(2):274–9. DOI: 10.1097/00129492-200503000-00026
12. George D.D., Ridder T.S. Geniculate neuralgia in an adolescent treated *via* sectioning of the nervus intermedius and microvascular decompression. *J Neurosurg Pediatr* 2020;26(2):189–92. DOI: 10.3171/2020.3.PEDS19584
13. Alfieri A., Rampp S., Strauss C. et al. The relationship between nervus intermedius anatomy, ultrastructure, electrophysiology, and clinical function. Usefulness in cerebellopontine microsurgery. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(2):403–8. DOI: 10.1007/s00701-013-1952-1
14. Jannetta P. Observations on the etiology of trigeminal neuralgia, hemifacial spasm, acoustic nerve dysfunction and glossopharyngeal neuralgia. Definitive microsurgical treatment and results in 117 patients. *Neurochirurgia (Stuttg)* 1977;20(5):145–54. DOI: 10.1055/s-0028-1090369
15. De Simone R., Ranieri A., Bilo L. et al. Cranial neuralgias: from physiopathology to pharmacological treatment. *Neurol Sci* 2008;29(Suppl 1):S69–78. DOI: 10.1007/s10072-008-0892-7
16. Love S., Coakham H.B. Trigeminal neuralgia: pathology and pathogenesis. *Brain* 2001;124(Pt 12):2347–60. DOI: 10.1093/brain/124.12.2347
17. Goulin Lippi Fernandes E., van Doormaal T., de Ru S. et al. Microvascular decompression of the VII/VIII cranial nerve complex for the treatment of intermediate nerve neuralgia: a retrospective case series. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2018;15(4):378–85. DOI: 10.1093/ons/oxx271
18. Rupa V., Saunders R.L., Weider D.J. Geniculate neuralgia: the surgical management of primary otalgia. *J Neurosurg* 1991;75(4):505–11. DOI: 10.3171/jns.1991.75.4.0505
19. Clifton W.E., Grewal S., Lundy L. et al. Clinical implications of nervus intermedius variants in patients with geniculate neuralgia: let anatomy be the guide. *Clin Anat* 2020;33(7):1056–61. DOI: 10.1002/ca.23536
20. Tubbs R.S., Mosier K.M., Cohen-Gadol A.A. Geniculate neuralgia: clinical, radiologic, and intraoperative correlates. *World Neurosurg* 2013;80(6):e353–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.11.053
21. Özer F.D., Duransoy Y.K., Çamlar M. Atypic geniculate neuralgia: atypic anatomic correlation of cranial nerve roots and AICA. *Acta Neurochir (Wien)* 2009;151(8):1003–4; discussion 1004. DOI: 10.1007/s00701-009-0367-5

**Вклад авторов**

В.С. Дементьевский, Е.А. Лехнов: сбор и обработка материала, написание текста статьи;  
С.С. Балдина, Г.Н. Литвинчук: проведение интраоперационного нейрофизиологического мониторинга;  
Д.А. Рзаев: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование текста статьи.

**Authors' contribution**

V.S. Dementievskiy, E.A. Lekhnov: data collecting and processing, article writing;  
S.S. Baldina, G.N. Litvinchuk: conducting of intraoperative neurophysiological monitoring;  
D.A. Rzaev: development of the concept and design of the study, editing of the article.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

В.С. Дементьевский / V.S. Dementievskiy: <https://orcid.org/0000-0002-0460-7016>  
Е.А. Лехнов / E.A. Lekhnov: <https://orcid.org/0000-0002-6253-9883>  
Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

**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 his data.

# COVID-19-АССОЦИИРОВАННЫЙ ОСТЕОМИЕЛИТ ЛОБНОЙ КОСТИ. КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Г.Ю. Евзиков<sup>1</sup>, Д.Ю. Неретин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра нервных болезней и нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет); Россия, 119021 Москва, ул. Россолимо, 11, стр. 1;

<sup>2</sup>Клиника нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Университетской клинической больницы №3 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет); Россия, 119021 Москва, ул. Россолимо, 11, стр. 1

**Контакты:** Даниил Юрьевич Неретин [neretin.neuro@gmail.com](mailto:neretin.neuro@gmail.com)

COVID-19-ассоциированный остеомиелит – гнойно-некротическое осложнение перенесенной коронавирусной инфекции. Большинство описанных в мировой литературе случаев данного осложнения вызваны грибом *Mucorales*. Мукормикоз является тяжелым осложнением COVID-19, ассоциированным с высокой летальностью. Наиболее часто поражение затрагивает придаточные пазухи носа, кости лицевого скелета и глазницы. В связи со склонностью к быстрому прогрессированию заболевания важно помнить о наличии взаимосвязи между инфекцией COVID-19 и гнойно-некротическим поражением костей черепа, которое может осложниться поражением мозга.

В статье представлено крайне редкое наблюдение COVID-19-ассоциированного остеомиелита с поражением чешуи лобной кости, осложнившегося формированием двусторонних симметричных подапонеуротических абсцессов в проекции лобных бугров.

**Ключевые слова:** COVID-19-ассоциированный остеомиелит, осложнение коронавирусной инфекции, мукормикоз, гнойно-некротическое осложнение, поражение костей черепа, абсцесс

**Для цитирования:** Евзиков Г.Ю., Неретин Д.Ю. COVID-19-ассоциированный остеомиелит лобной кости. Клиническое наблюдение и обзор литературы. Нейрохирургия 2024;26(1):92–8. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-92-98>

## COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review

G. Yu. Evzikov<sup>1</sup>, D. Yu. Neretin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 1, 11 Rossolimo St., Moscow 119021, Russia;

<sup>2</sup>A.Ya. Kozhevnikov Clinic of Nervous Diseases of the University Clinical Hospital No. 3, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 1, 11 Rossolimo St., Moscow 119021, Russia

**Contacts:** Daniil Yuryevich Neretin [neretin.neuro@gmail.com](mailto:neretin.neuro@gmail.com)

COVID-19-associated osteomyelitis is a purulo-necrotic complication of past coronaviral infection. The majority of described cases of this complication are caused by *Mucorales* fungi. Mucormycosis is a severe complication of COVID-19 associated with high mortality rate. Most commonly it affects maxillary sinuses, facial bones, and orbits. Due to quick progression of the disease, it is important to remember the association between COVID-19 infection and purulo-necrotic lesions of the skull that can be complicated by brain involvement.

The article presents a very rare observation of COVID-19-associated osteomyelitis affecting the squamous part of the frontal bone complicated by formation of bilateral symmetrical subgaleal abscesses in the projection of the frontal eminences.

**Keywords:** COVID-19-associated osteomyelitis, complication of coronaviral infection, mucormycosis, purulo-necrotic complication, skull lesions, abscess

**For citation:** Evzikov G.Yu., Neretin D.Yu. COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):92–8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-92-98>

## ВВЕДЕНИЕ

COVID-19-ассоциированный остеомиелит – гнойно-некротическое осложнение перенесенной острой респираторной вирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2. С момента начала пандемии COVID-19 по настоящее время опубликовано множество сообщений о развитии гнойно-некротических осложнений, возникших после или во время заболевания коронавирусной инфекцией. Описаны случаи поражения как скелета туловища и конечностей, так и челюстно-лицевой области. Большинство представленных в мировой литературе случаев COVID-19-ассоциированного остеомиелита вызваны грибом *Mucorales* [1]. В связи с этим заболевание традиционно называется COVID-19-ассоциированным мукормикозом (COVID-19-associated mucormycosis, SAM). Актуальность и междисциплинарность проблемы подтверждаются тем, что с данными осложнениями COVID-19 сталкиваются врачи многих специальностей – оториноларингологи, челюстно-лицевые хирурги, стоматологи, нейрохирурги – во всех странах мира. По оценкам портала Leading International Fungal Infection (LIFE), в доковидную эру ежегодная заболеваемость мукормикозом в мире составляла примерно 5 тыс. случаев. Распространенность SAM среди заболевших инфекцией COVID-19 составляет 7 случаев на 1000 пациентов, при этом распространенность всех грибковых инфекций – 12 случаев на 1000 человек. Также наблюдается статистически достоверная разница между европейскими и азиатскими странами: 7 случаев в Европе против 15 случаев в азиатских странах на 1000 пациентов [2]. Наиболее подробно освещена проблема SAM в Индии, где зафиксировано почти 30 тыс. случаев заболевания [3–10]. В настоящей статье мы представляем крайне редкое наблюдение COVID-19-ассоциированного остеомиелита с поражением чешуи лобной кости, осложнившегося формированием двусторонних симметричных подапоневрологических абсцессов в проекции лобных бугров.

## КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

**Пациент Я.**, 62 лет, поступил в нейрохирургическое отделение клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Первого МГМУ им. И.М. Сеченова в мае 2022 г. При поступлении предъявлял жалобы на головные боли и наличие болезненных мягкотканых подкожных образований лобной области в проекции лобных бугров с 2 сторон.

Со слов пациента и по данным медицинской документации: 25.11.2021 перенес острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу в области варолиева моста слева с развитием правостороннего гемипа-

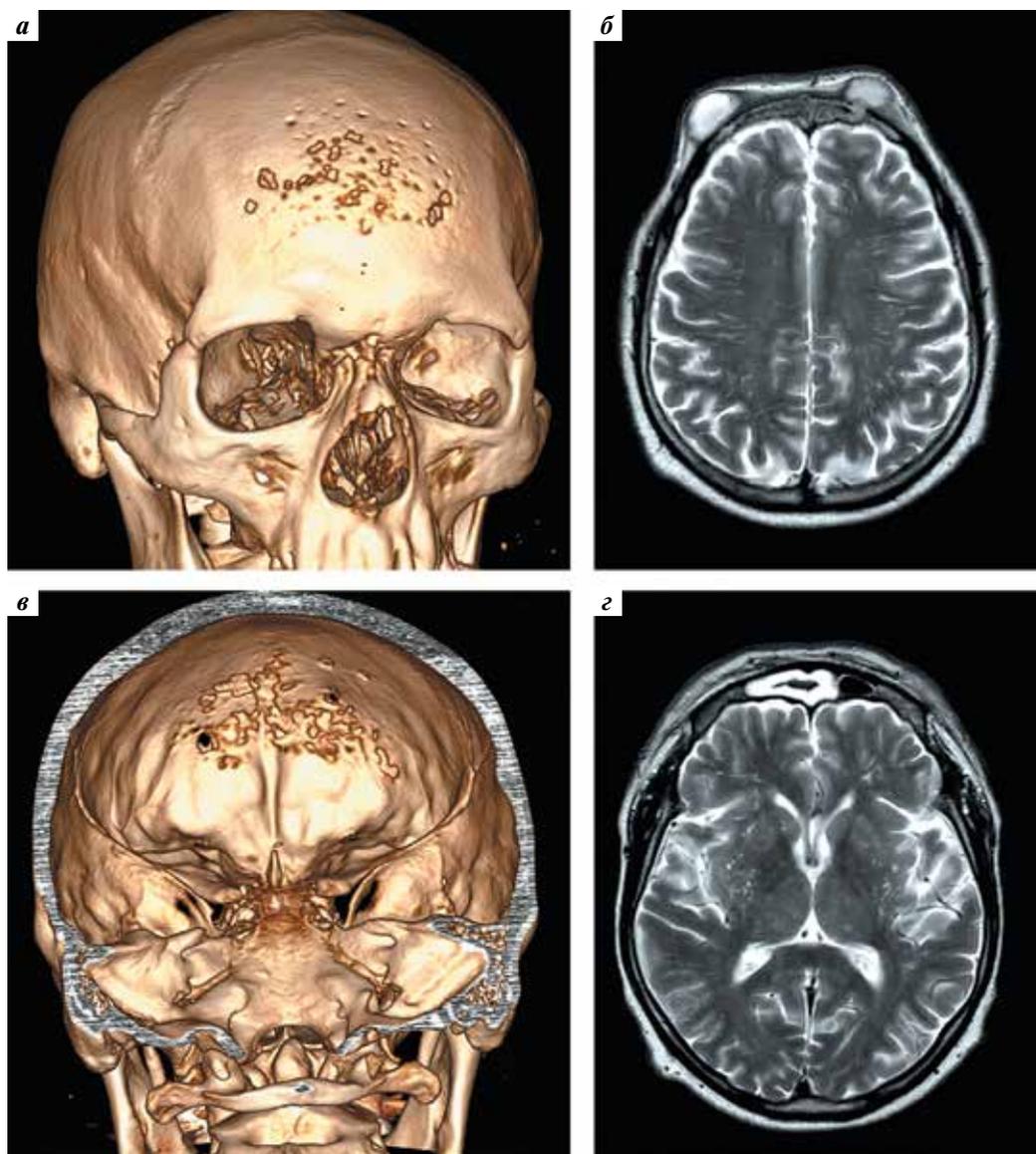
реза и дизартрии. Был госпитализирован в неврологический стационар, где в последующем перенес инфекцию COVID-19. В процессе лечения COVID-19 получал кортикостероиды и инсуффляцию увлажненного кислорода. Во время пребывания в стационаре отметил появление болезненности в лобной области и слизистые выделения из носа. 20.01.2022 остро возникли припухлость и деформация мягких тканей лба справа, однако спустя 3 дня эти изменения исчезли. 13.02.2022 вновь появилась припухлость мягких тканей лобной области справа, а спустя 5 дней слева. Постепенно в зоне припухлости сформировались 2 подкожных образования неправильной округлой формы, плотноэластической консистенции. Была назначена антибактериальная терапия (амоксиклав 2000 мг/сут), на фоне которой размер образований незначительно уменьшился.

11.04.2022 пациент выполнил магнитно-резонансную томографию (МРТ) головного мозга и черепа, 13.04.2022 – компьютерную томографию (рис. 1). В ходе исследований обнаружены множественные очаги деструкции лобной кости (остеомиелит?), двусторонние абсцессы в мягких тканях лобной области в проекции лобных бугров. При МРТ-исследовании выявлены признаки фронтита. При этом до заболевания COVID-19 признаков хронического воспаления придаточных пазух носа больной не отмечал. В связи с признаками остеомиелита лобной кости пациент был госпитализирован в нейрохирургическое отделение для оперативного лечения.

При поступлении в неврологическом статусе у пациента выявлен правосторонний спастический гемипарез до 4 баллов. Сухожильные рефлексы были оживлены справа с расширением рефлексогенных зон, также с правой стороны вызывались патологические рефлексы Бабинского, Оппенгейма и нижний рефлекс Россолимо. Выявленные изменения с учетом анамнеза были интерпретированы как проявления перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения.

В анализах крови и спинномозговой жидкости признаков воспаления выявлено не было. Признаков диссеминированного поражения костей скелета в ходе обследования также не обнаружено.

04.05.2022 проведена операция: резекционная трепанация черепа в лобной области, удаление подапоневрологических абсцессов мягких тканей в проекции лобных бугров, удаление остеомиелитически измененной лобной кости и плоскостного эпидурального абсцесса лобной области, санация фронтальных пазух. Операция выполнена из биаурикулярного доступа. Лобная кость удалена с широкой резекцией верхних стенок лобных пазух. Удалены гнойные наложения на поверхности твердой мозговой оболочки. Признаков перфорации твердой мозговой



**Рис. 1.** Компьютерная томография с 3D-реконструкцией костей черепа (а, в) и магнитно-резонансная томография (б, г), выполненные перед операцией: а, в — на компьютерных томограммах с 3D-реконструкцией хорошо видны множественные очаги деструкции и перфорации лобной кости; б, г — при сканировании в режиме T2 в аксиальной плоскости видны множественные абсцессы мягких тканей (б) и признаки фронтита (г)

**Fig. 1.** Computed tomography with 3D reconstruction of the skull (а, в) and magnetic resonance imaging (б, г) prior to surgery: а, в — computed tomography images with 3D reconstruction clearly show multiple destruction and perforation lesions in the frontal bone; б, г — T2-weighted images in the axial plane show multiple abscesses of the soft tissues (б) and signs of frontal sinusitis (г)

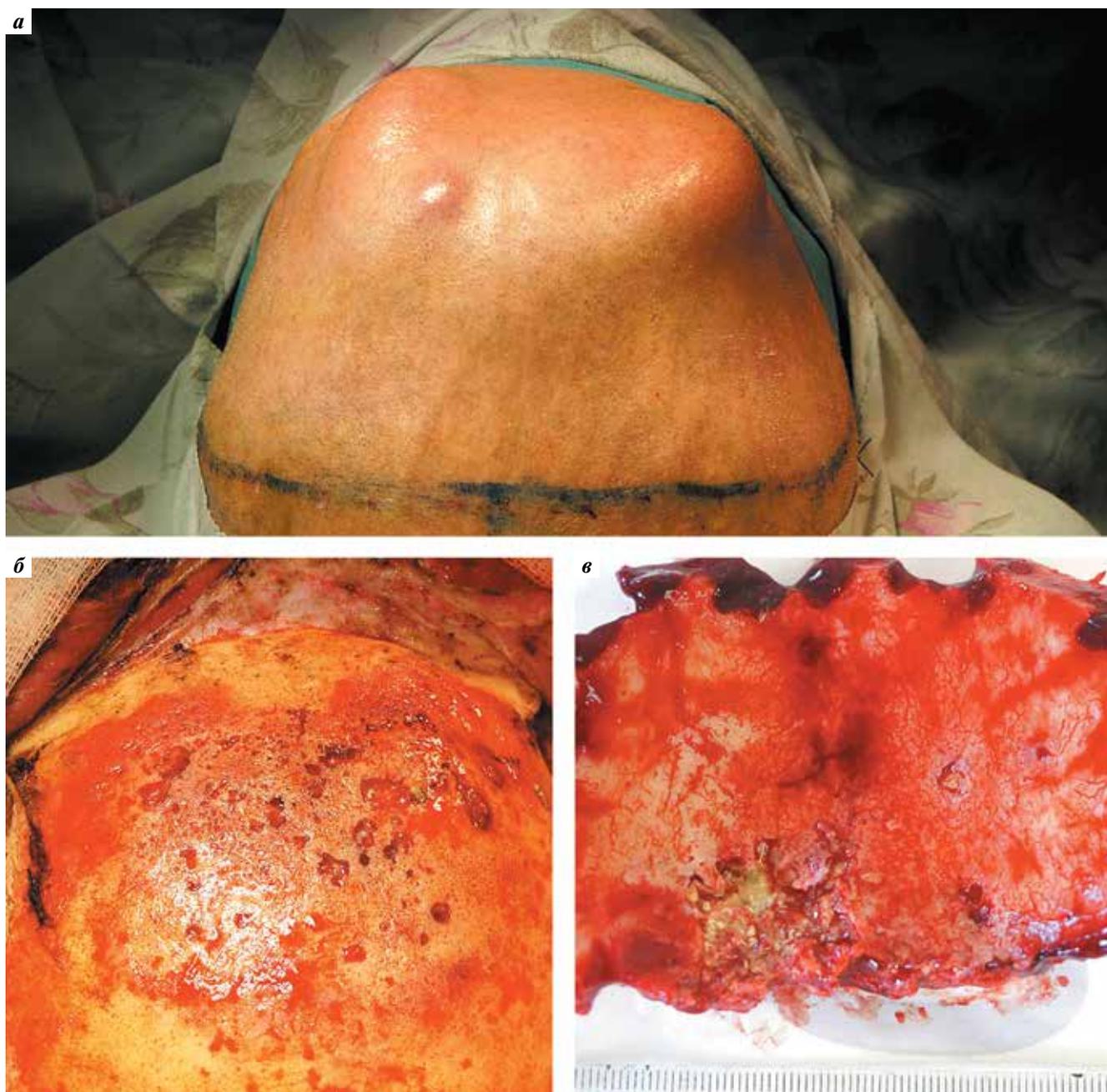
оболочки и интрадурального распространения воспалительного процесса в ходе вмешательства не обнаружено. После удаления слизистой оболочки лобных пазух они тампонируются с использованием аутооттрансплантата подкожной жировой клетчатки, которая фиксирована биологическим клеем (рис. 2).

До получения результатов бактериологического исследования назначена эмпирическая антибактериальная и противогрибковая терапия. В связи с отрицательным результатом бактериологического исследования на рост аэробных, анаэробных бактерий и грибов терапия отменена на 8-й день с момента операции.

Послеоперационный период протекал гладко. Лихорадки, скопления жидкости и крови в области операции не отмечалось, пациент активизирован в 1-е сутки после операции. Швы сняты на 14-е сутки после операции. При осмотре полости носа слизистые оболочки были интактны до и после операции. Больной выписан из стационара для динамического наблюдения с последующим решением вопроса о пластике костного дефекта.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящий момент принято считать, что существует 2 основных звена патогенеза гнойно-некротических



**Рис. 2.** Интраоперационные фотографии: а – вид абсцессов мягких тканей над поверхностью лобных бугров; б – вид поврежденной поверхности чешуи лобной кости; в – вид внутренней поверхности лобной кости после ее удаления

**Fig. 2.** Intraoperative photos: а – abscesses of the soft tissues above the surface of the frontal eminences; б – damaged squamous part of the frontal bone; в – internal surface of the frontal bone after its resection

поражений придаточных пазух носа при инфекции COVID-19. Первое – нарушение микроциркуляции в сосудах костей и слизистых оболочек пазух, которое приводит к формированию зон остеомалиции и некроза, являющихся субстратом для колонизации условно-патогенной флорой. Нарушение микроциркуляции возникает вследствие ангиопатических эффектов SARS-CoV-2, которые включают: нарушение системы гемостаза, развитие диссеминированного внутрисосудистого свертывания и микротромбозов сосудов ко-

стей и слизистых оболочек придаточных пазух носа, ротовой и носовой полости [1, 11, 12].

Вторым важнейшим звеном патогенеза САМ являются иммунодефицитные состояния у пациентов, болеющих инфекцией COVID-19, которые, вероятно, и объясняют преимущественно грибковую природу инфекционного агента, вызывающего поражение костей. Отмечена взаимосвязь между наличием сопутствующих заболеваний, способствующих нарушению микроциркуляции и локального иммунного ответа (в первую

очередь – сахарный диабет), и развитием оппортунистической инфекции, в частности мукормикозов [13, 14]. Помимо вышеизложенного, анализ данных литературы, посвященной патогенезу САМ, позволяет выделить ряд лечебных мероприятий, выполняемых в ходе лечения COVID-19, которые повышают риск развития этого осложнения [8, 9, 15]:

- терапия глюкокортикостероидами;
- высокопоточная оксигенотерапия;
- массивная антибактериальная терапия.

Предполагается, что активная назальная инсуффляция кислорода на фоне иммуносупрессии, усиливаемой глюкокортикоидами, а также микротромбозы в сосудах слизистой оболочки способствуют проникновению в толщу слизистой оболочки и в структуру подлежащей костной ткани патологического агента с последующим развитием очагов остеомиелита.

Клиническая картина САМ не отличается специфичностью и, как правило, зависит от локализации поражения. С учетом наиболее частого поражения придаточных пазух носа, костей лицевого скелета и глазниц самыми типичными клиническими проявлениями являются:

- затруднение носового дыхания;
- патологические выделения из полости носа;
- ощущение сухости в полости носа;
- боли в ороринофациальной области.

Компьютерная томография черепа и придаточных пазух носа позволяет выявить отек и гипертрофию слизистых оболочек придаточных пазух носа, остеодеструктивные изменения (остеомаляцию) альвеолярных отростков и стенок пазух верхней челюсти, фронтальной пазухи, в тяжелых случаях – костей лицевого скелета и лобной кости с формированием костных секвестров [3, 16].

При использовании компьютерной томографии с внутривенным болюсным контрастированием можно выявить обеднение сосудистого русла в зонах остео-некроза.

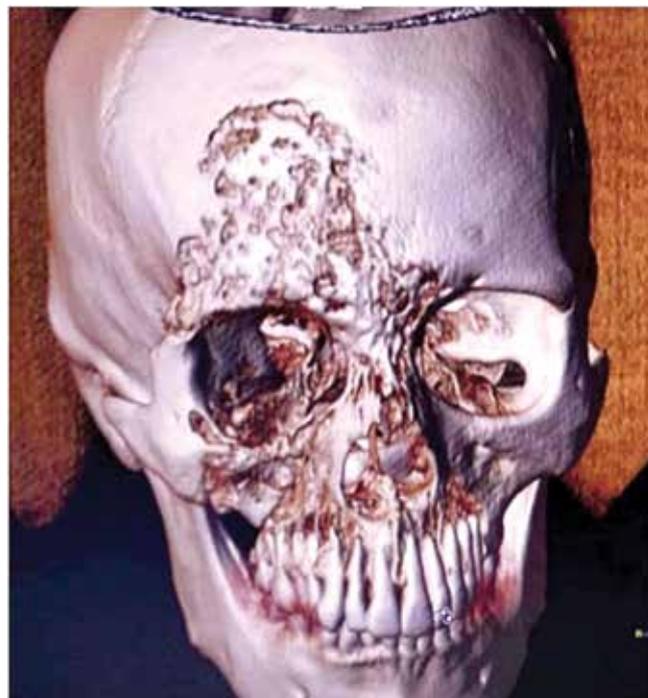
Магнитно-резонансная томография имеет меньшую диагностическую ценность для определения костной патологии, однако позволяет оценить состояние слизистой придаточных пазух носа. Кроме того, МРТ-исследование дает возможность оценить состояние глазниц и вещества головного мозга в случае активного вовлечения в гнойно-некротический процесс содержимого глазниц и головного мозга с его оболочками [17].

Лечение САМ включает хирургическую санацию очага и последующую медикаментозную терапию, которая корректируется в зависимости от результатов бактериологического и микологического исследований. В настоящий момент стандартом лечения инвазивных САМ является использование амфотерицина-В в случае идентификации грибкового возбудителя. В прочих случаях допустима стандартная послеоперационная антибиотикопрофилактика в комбинации с про-

отивогрибковой терапией (изавуконазол, позаконазол, флуконазол). Также необходима коррекция сопутствующей патологии, особенно – тщательный контроль гликемии у пациентов с сахарным диабетом [8, 11, 13]. Во всех случаях развития остеомиелита у больных COVID-19 необходимо проведение стандартного бактериологического исследования на аэробные и анаэробные возбудители с определением чувствительности к антибиотикам и специального микологического исследования, включающего посев на агар Сабуру с хлорамфениколом, а также прямую и флюоресцентную микроскопию биоматериала [1].

Мукормикоз является тяжелым осложнением COVID-19. Общая летальность при синоорбитальном мукормикозе без поражения головного мозга составила 24 %, при синоорбитальном мукормикозе с поражением мозга – 59 %. При этом 46 % выживших больных из этих 2 групп теряют зрение [1, 18]. В связи со склонностью к быстрому прогрессированию заболевания для врачей многих специальностей важно помнить о наличии взаимосвязи между COVID-19-инфекцией и гнойно-некротическим поражением костей черепа, которое может осложниться поражением мозга.

В настоящее время в литературе подробно описаны варианты поражения костей верхней челюсти, носа и глазницы с вторичным вовлечением чешуи лобной кости (рис. 3) [19]. Случаи распространенного поражения



**Рис. 3.** Компьютерная томография, 3D-изображение. Множественное поражение костей лицевого скелета, основания черепа и чешуи лобной кости. Иллюстрация взята из работы S. Eswaran et соавт. [19]

**Fig. 3.** Computed tomography. 3D image. Multiple lesions in the facial bones, base of the skull and squamous part of the frontal bone. Illustration from the article by S. Eswaran et al. [19]

челюсти лобной кости без признаков поражения верхней челюсти и глазницы до настоящего времени в доступной нам для анализа литературе не описаны. Представленное наблюдение, возможно, является первым подобным описанием в клинической практике.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из опасных гнойно-некротических осложнений коронавирусной инфекции является COVID-19-ассоциированный остеомиелит (или САМ), большинство случаев которого связаны с грибом *Mucorales*. С данным осложнением COVID-19 сталкиваются врачи многих специальностей – оториноларингологи,

челюстно-лицевые хирурги, стоматологи, нейрохирурги. В связи с высокими показателями летальности при данном осложнении, а также со склонностью к быстрому прогрессированию заболевания врачам важно помнить, что гнойно-некротическое поражение костей черепа может осложниться поражением мозга. Во всех случаях развития остеомиелита у больных COVID-19 необходимо проведение бактериологического исследования на аэробные и анаэробные возбудители с определением чувствительности к антибиотикам. Лечение САМ включает хирургическую санацию очага и последующую медикаментозную терапию, а также коррекцию сопутствующей патологии.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Баранова И.Б., Яременко А.И., Зубарева А.А. и др. Мукормикоз костей лицевого черепа, полости носа и околоносовых пазух у пациентов, перенесших COVID-19. Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия 2021;23(4):347–58. DOI: 10.36488/cmasc.2021.4.347-358  
Baranova I.B., Yaremenko A.I., Zubareva A.A. et al. Mucormycosis of the bones of the facial skull, nasal cavity and paranasal sinuses in patients with COVID-19. Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya = Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy 2021;23(4):347–58. (In Russ.). DOI: 10.36488/cmasc.2021.4.347-358
2. Hussain S., Riad A., Singh A. et al. Global prevalence of COVID-19-associated mucormycosis (CAM): living systematic review and meta-analysis. J Fungi (Basel) 2021;7(11):985. DOI: 10.3390/jof7110985
3. Elmokadem A.H., Bayoumi D., Mansour M. et al. COVID-19-associated acute invasive fungal sinusitis: clinical and imaging findings. J Neuroimaging 2022;32(4):676–89. DOI: 10.1111/jon.12967
4. Muthu V., Rudramurthy S.M., Chakrabarti A., Agarwal R. Epidemiology and pathophysiology of COVID-19-associated mucormycosis: India versus the rest of the world. Mycopathologia 2021;186(6):739–54. DOI: 10.1007/s11046-021-00584-8
5. Dar-Odeh N., Bobamuratova D.T., Alnazzawi A. et al. Jaw-related complications in COVID-19 patients; a systematic review. Cranio 2022;1–8. Online ahead of print. DOI: 10.1080/08869634.2022.2031438
6. Nasir N., Farooqi J., Mahmood S.F., Jabeen K. COVID-19 associated mucormycosis: a life-threatening complication in patients admitted with severe to critical COVID-19 from Pakistan. Clin Microbiol Infect 2021;27(11):1704–7. DOI: 10.1016/j.cmi.2021.07.038
7. Prakash H., Chakrabarti A. Global epidemiology of mucormycosis. J Fungi (Basel) 2019;5(1):26. DOI: 10.3390/jof5010026
8. Rudramurthy S.M., Hoenigl M., Meis J.F. et al. EMM/ISHAM recommendations for clinical management of COVID-19 associated mucormycosis in low- and middle-income countries. Mycoses 2021;64(9):1028–37. DOI: 10.1111/myc.13355
9. Selarka L., Sharma S., Saini D. et al. Mucormycosis and COVID-19: an epidemic within a pandemic in India. Mycoses 2021;64(10):1253–60. DOI: 10.1111/myc.13353
10. Song G., Liang G., Liu W. Fungal co-infections associated with global COVID-19 pandemic: a clinical and diagnostic perspective from China. Mycopathologia 2020;185(4):599–606. DOI: 10.1007/s11046-020-00462-9
11. Амонов Ш., Каршиев Х., Эназаров Д., Нормуминов Ф. Лечебная тактика у больных с постковидными гнойно-воспалительными осложнениями челюстно-лицевой области. Стоматология 2021;82(1):92–5. DOI: 10.34920/2091-5845-2021-30  
Amonov Sh., Karshiev Kh., Enazarov D., Normuminov F. Therapeutic tactics in patients with post-COVID purulent-inflammatory complications of the maxillofacial region. Stomatologiya = Dentistry 2021;82(1):92–5. (In Russ.). DOI: 10.34920/2091-5845-2021-30
12. Убайдуллаев М.Б., Сулейманов А.М., Агайдарова Г.М. Постковидный синдром. Случаи из практики. Хронический остеомиелит верхней челюсти. Медицина и инновации 2021;1(4):333–6.  
Ubaidullaev M.B., Suleymanov A.M., Agaidarova G.M. Post-COVID syndrome. Cases from practice. Chronic osteomyelitis of the upper jaw. Meditsina i innovatsii = Medicine and Innovation 2021;1(4):333–6. (In Russ.).
13. Bobamuratova D.T., Boymuratov Sh.A., Dar-Odeh N.S. et al. Impact of COVID-19 disease and its treatment on the development of maxillofacial complications. Adv Oral Maxillofac Surg 2021;4(10):100169. DOI: 10.1016/j.adoms.2021.100169
14. El-Kholy N.A., El-Fattah A.M.A., Khafagy Y.W. Invasive fungal sinusitis in post COVID-19 patients: a new clinical entity. Laryngoscope 2021;131(12):2652–8. DOI: 10.1002/lary.29632
15. Singh A.K., Singh R., Joshi S.R., Misra A. Mucormycosis in COVID-19: a systematic review of cases reported worldwide and in India. Diabetes Metab Syndr 2021;15(4):102146. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.05.019
16. Jindal G., Sethi A., Bhargava K. et al. Imaging findings in invasive rhino-orbito-cerebral mucormycosis in post-COVID-19 patients. Proc (Bayl Univ Med Cent) 2021;35(1):32–4. DOI: 10.1080/08998280.2021.1981100
17. Kondapavuluri S.K., Anchala V.K.R., Bandlapalli S. et al. Spectrum of MR imaging findings of sinonasalmucormycosis in post COVID-19 patients. Br J Radiol 2021;94(1127):20210648. DOI: 10.1259/bjr.20210648
18. Hoenigl M., Seidel D., Carvalho A. et al. The emergence of COVID-19 associated mucormycosis: a review of cases from 18 countries. Lancet Microbe 2022;3(7):e543–e52. DOI: 10.1016/S2666-5247(21)00237-8
19. Eswaran S., Balan S.K., Saravanam P.K. Acute fulminant mucormycosis triggered by Covid 19 infection in a young patient. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg 2022;74(Suppl 2):3442–6. DOI: 10.1007/s12070-021-02689-4

**Вклад авторов**

Г.Ю. Евзиков: наблюдение за пациентом, выполнение хирургической операции;

Д.Ю. Неретин: сбор данных для анализа, анализ полученных данных, наблюдение за пациентом, обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи.

**Author's contribution**

G.Yu. Evzikov: patient observation, performing a surgical operation;

D.Yu. Neretin: collecting data for analysis, analyzing the data obtained, monitoring the patient, reviewing the literature on the topic of the article, article writing.

**ORCID авторов / ORCID of authors:**

Г.Ю. Евзиков / G.Yu. Evzikov: <https://orcid.org/0000-0002-6715-6021>

Д.Ю. Неретин / D.Yu. Neretin: <https://orcid.org/0000-0001-8839-3096>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The work was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики.**

Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics.**

The patient has signed an informed consent to the publication of his data.

**Статья поступила:** 06.12.2022. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article submitted:** 06.12.2022. **Accepted for publication:** 24.10.2023.

# ПРИЧИНЫ НЕУДАЧ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВРОЖДЕННЫМИ БАЗАЛЬНЫМИ ЭНЦЕФАЛОЦЕЛЕ

Н.А. Черникова, Л.А. Сатанин, Е.В. Шелеско, С.В. Шугай, М.А. Кутин, Н.И. Головин, А.В. Сахаров

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

**Контакты:** Надежда Алексеевна Черникова [Chernikhope@gmail.com](mailto:Chernikhope@gmail.com)

Энцефалоцеле, или черепно-мозговая грыжа, представляет собой заболевание, при котором происходит пролабирование мозговых оболочек и структур головного мозга через дефект черепа. Клинические проявления включают нарушение носового дыхания, деформацию назоэтмоидальной области, назальную ликворею. На фоне персистенции грыжи могут возникать различные воспалительные осложнения (менингит, менингоэнцефалит, вентрикулит, абсцесс головного мозга), летальность при этом составляет 8–10 %.

Базальное энцефалоцеле – редкая патология, требующая комплексного подхода к лечению в условиях специализированного стационара с применением высокотехнологичного оборудования. Лечебная тактика и риски определяются индивидуально с учетом возраста пациента, имеющихся симптомов, размеров полости носа, локализации и размеров костного дефекта. При отсутствии назальной ликвореи возможна отсрочка хирургического лечения для получения возможности использования аутокости свода черепа, забора надкостничного лоскута большого размера, выполнения операции комбинированным доступом, сведения к минимуму операционных осложнений. При эндоназальном эндоскопическом доступе необходимо отделить энцефалоцеле от окружающих тканей, полностью удалить грыжевой мешок и визуализировать костные края дефекта, затем выполнить его пластическое закрытие.

Несмотря на то что существующие лечебные методы, как правило, эффективны, в ряде случаев не удается достичь желаемого результата. В статье представлены 2 редких клинических наблюдения, когда пациентам с базальным энцефалоцеле потребовалась повторная операция для устранения грыжи и пластики дефекта основания черепа.

**Ключевые слова:** базальное энцефалоцеле, черепно-мозговая грыжа, назальная ликворея, полость носа, хирургическое лечение, трансплантат, пластика костного дефекта

**Для цитирования:** Черникова Н.А., Сатанин Л.А., Шелеско Е.В. и др. Причины неудач хирургического лечения пациентов с врожденными базальными энцефалоцеле. Нейрохирургия 2024;26(1):99–109. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-99-109>

## Reasons for failure of surgical treatment of patients with congenital basal encephalocèles

N.A. Chernikova, L.A. Satanin, E.V. Shelesko, S.V. Shugai, M.A. Kutin, N.I. Golovin, A.V. Sakharov

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

**Contacts:** Nadezhda Alekseevna Chernikova [Chernikhope@gmail.com](mailto:Chernikhope@gmail.com)

Encephalocele or craniocerebral hernia is a disease in which there is a prolapse of the meninges and structures of the brain through a skull defect. Clinically, they are manifested by a violation of nasal breathing, deformation of the naso-ethmoid region, and nasal liquorrhea. Various inflammatory complications (meningitis, meningoencephalitis, ventriculitis, brain abscess) can occur against the background of persistent hernia, while mortality is 8–10 %.

Basal encephalocele is a rare pathology that requires an integrated approach in a specialized hospital using high-tech equipment. Therapeutic tactics and risks are determined individually based on the patient's age, current symptoms, size of the nasal cavity, location and size of the skull base defect. In the absence of nasal liquorrhea, it is possible to delay surgical treatment in order to be able to use an autologous bone of the calvarium, to collect a larger periosteal flap, to perform the operation using a combined approach and to minimize surgical complications. With endonasal endoscopic access, it is necessary to separate the encephalocele from the surrounding tissues, completely remove the hernial sac and visualize the bone edges of the defect, and then perform its plastic closure.

Despite the fact that in most cases the existing methods of treatment are very effective, in a number of cases it is not possible to achieve the desired result. This article presents two rare clinical cases in which patients with basal encephalocele required reoperation for herniation and skull base defect repair.

**Keywords:** basal encephalocele, cranial hernia, nasal liquorrhea, nasal cavity, surgical treatment, graft, bone defect repair

**For citation:** Chernikova N.A., Satanin L.A., Shelesko E.V. et al. Reasons for failure of surgical treatment of patients with congenital basal encephaloceles. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):99–109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-99-109>

## ВВЕДЕНИЕ

Энцефалоцеле (ЭЦ), или черепно-мозговая грыжа, представляет собой заболевание, при котором происходит пролабирование мозговых оболочек и структур головного мозга через дефект черепа. По этиологии такие грыжи могут быть врожденными и приобретенными [1]. Базальные ЭЦ являются наиболее редкими и подразделяются в зависимости от локализации на трансэтмоидальные, сфеноэтмоидальные, трансфеноидальные и фронтосфеноидальные (сфеноорбитальные) [2, 3]. Клинически они проявляются нарушением носового дыхания, деформацией назэтмоидальной области, назальной ликвореей [4]. В 10–37 % случаев могут возникать различные воспалительные осложнения (менингит, менингоэнцефалит, вентикулит, абсцесс головного мозга), при этом летальность составляет 8–10 % [5].

Лечение пациентов с базальными ЭЦ зачастую требует тесного взаимодействия нейрохирургов, лорхирургов, специалистов по челюстно-лицевой и пластической хирургии [6]. Традиционно все черепно-мозговые грыжи удаляли транскраниально [7, 8]. Однако многочисленные исследования последних двух десятилетий подтверждают высокую эффективность и безопасность эндоскопической эндоназальной методики при лечении пациентов с патологией основания черепа [9–11]. К преимуществам эндоскопического эндоназального доступа относятся меньшая кровопотеря, отсутствие тракционного воздействия на головной мозг, уменьшение послеоперационного болевого синдрома, отсутствие внешних разрезов, сокращение сроков госпитализации. Из недостатков следует отметить двумерное изображение, необходимость работы в узком пространстве, ограничения в объеме операции (отсутствие возможности провести коррекцию деформаций, трудности при пластике крупных и множественных дефектов). У детей эндоскопический эндоназальный доступ имеет определенные особенности из-за небольших размеров полости носа (ПН), узости носовых ходов, несформированности придаточных пазух и риска негативного влияния операционной травмы на краниофациальный рост. При врожденных грыжах могут обнаруживаться аномалии развития структур ПН и отсутствовать типичные анатомические ориентиры, что затрудняет работу хирурга [12, 13].

Для коррекции сопутствующих изменений назо-орбитально-лобной области у пациентов с ЭЦ используют комбинированные доступы, при которых со стороны полости черепа выполняют пересечение шейки менингоэнцефалоцеле, пластику дефекта основания черепа с одномоментным устранением краниофациальных деформаций. Со стороны ПН удаляют грыжевой мешок эндоскопическим доступом [14].

Несмотря на то что существующие методы лечения, как правило, эффективны, в некоторых случаях не удается достичь желаемого результата [15]. Мы приводим 2 редких клинических наблюдения, в которых пациентам потребовалась повторная операция для удаления грыжи и пластики дефекта основания черепа. Проанализированы факторы риска для определения показаний к выбору хирургического доступа и усовершенствования методики лечения пациентов с базальными ЭЦ.

## КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 1

**Пациент Р.,** 1 года 3 мес, поступил в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко с диагнозом: трансэтмоидальное ЭЦ, дефект основания черепа слева.

Со слов родителей, у пациента имело место нарушение носового дыхания, новообразование в носовом ходе слева.

Из анамнеза: нарушение носового дыхания отмечалось сразу после рождения, было заподозрено объемное образование ПН слева. Выполнены компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга, по данным которых выявлен дефект основания черепа в области решетчатой пластинки, трансэтмоидальное ЭЦ слева. В возрасте 2 мес в многопрофильном федеральном центре выполнено микрохирургическое удаление базального ЭЦ с использованием двусторонней чрезбровной супраорбитальной краниотомии. Послеоперационный период протекал без осложнений.

При контрольном КТ-исследовании на 7-е сутки после операции в левых отделах лобной области определялся трепанационный дефект, в ПН слева – грыжевой мешок с неоднородным содержимым, размерами 41 × 11 × 15 мм, смещающий носовую перегородку вправо.

Рана зажила первичным натяжением, швы сняты на 10-е сутки. В динамике сохранялись дыхательные нарушения на фоне obturации левого носового хода. Рекомендовано удаление грыжи в лор-стационаре, куда

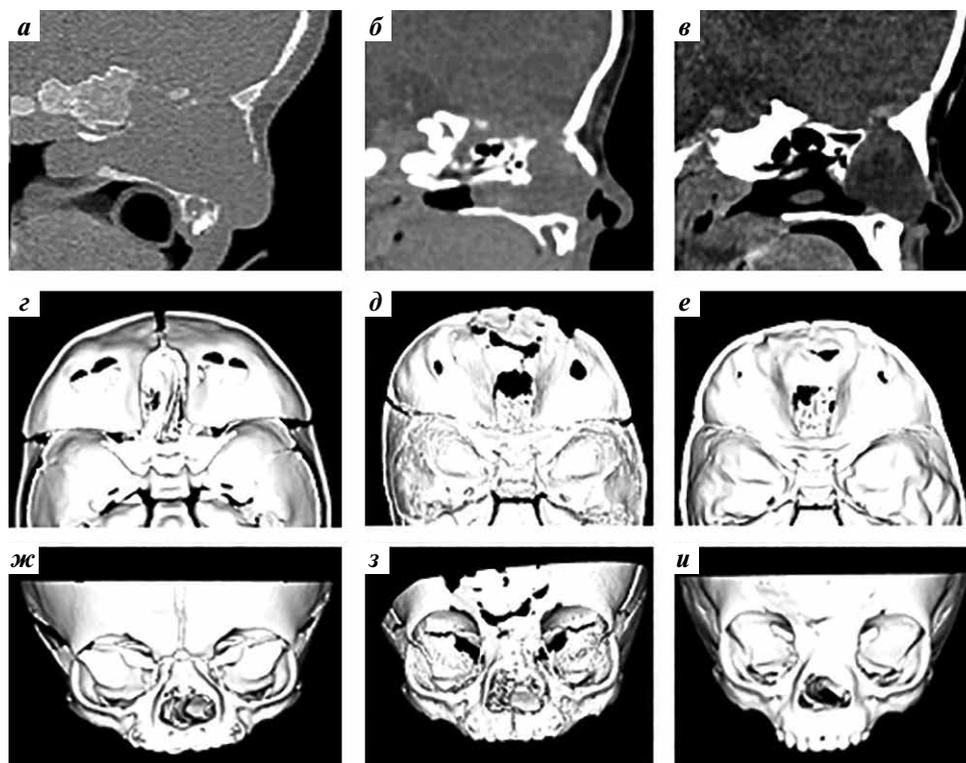
пациент поступил в возрасте 5 мес. Выполнена операция: удаление новообразования ПН слева с пластикой ее крыши аутоотканями. Грыжевой мешок удален путем монополярной коагуляции. Пластика дефекта осуществлена с помощью гемостатической губки, фиксированной фибриновым клеем. Также выполнена репозиция костей перегородки носа влево. Послеоперационный период протекал гладко; тампоны из носа удалены на 2-е сутки. Носовое дыхание восстановилось, признаков назальной ликвореи не было. На 7-е сутки после операции при эндоскопическом исследовании ПН признаков ликвореи также не выявлено. На 10-е сутки после операции пациент выписан в удовлетворительном состоянии по месту жительства.

Через 3 мес после эндоскопической эндоназальной операции появились прозрачные жидкие выделения из левого носового хода. При консультации оториноларинголога обнаружено инородное тело на дне ПН слева, в связи с чем проведена ее санация (удалены «кристаллические пластинки»). Пациент выписан на 5-е сутки после операции в удовлетворительном состоянии под амбулаторное наблюдение. При контрольной МРТ спустя 5 мес (в возрасте 1 год 2 мес) выявлено назотрансэмоидальное ЭЦ

больших размеров слева. По данным КТ: сохраняющийся дефект в области решетчатой пластинки, следы предшествующей трепанации, трансэмоидальное ЭЦ, телеорбитизм (расширение переносицы). Пациент направлен в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко.

При поступлении (возраст 1 год 3 мес) состояние ребенка стабильное. Отмечаются послеоперационный рубец в лобной области, телеорбитизм. При осмотре неврологом: психомоторное развитие в норме. При лор-осмотре: слева в преддверии ПН цианотичное образование, полностью обтурирующее общий носовой ход, перегородка носа смещена вправо; слизистая оболочка цианотична, в носовых ходах слизистое отделяемое, носовое дыхание грубо затруднено. На рис. 1 представлены результаты КТ-исследования в динамике.

Выполнена операция: комбинированное (микрохирургическое и эндоскопическое трансназальное) устранение трансэмоидального ЭЦ с одномоментной пластикой дефекта основания черепа с использованием биосовместимых материалов и компьютерным стереолитографическим моделированием. В ходе операции после биангулярного волнообразного разреза мягких тканей



**Рис. 1.** Компьютерные томограммы (а–в) и компьютерная 3D-реконструкция головного мозга пациента Р. (г–и): а, г, ж – при рождении: трансэмоидальное менингоцеле слева, дефект решетчатой пластинки; б, д, з – в динамике после нейрохирургической операции: послеоперационные изменения, трансэмоидальное менингоцеле слева; в, е, и – в динамике после 2 эндоскопических эндоназальных операций: дефект решетчатой пластинки, трансэмоидальное менингоцеле слева, остаточная деформация лобно-орбитального комплекса

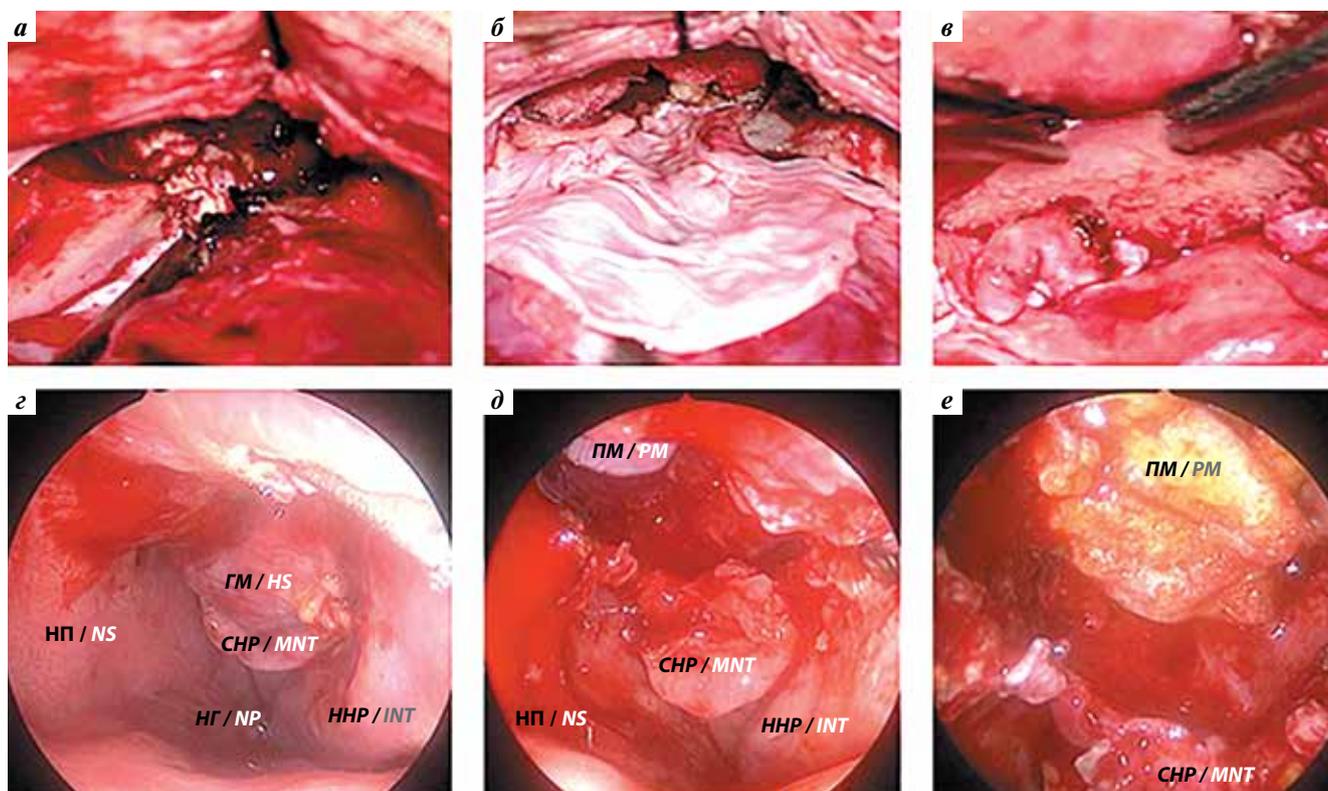
**Fig. 1.** Computed tomography imaging (a–в) and 3D computerized reconstruction (г–и) of the brain of patient R.: а, г, ж – at birth: transtethmoidal meningocele on the left, defect of the cribriform plate; б, д, з – in dynamics after neurosurgery: postoperative changes, transtethmoidal meningocele on the left; в, е, и – in dynamics after two endoscopic endonasal surgeries: defect of the cribriform plate, transtethmoidal meningocele on the left, residual deformity of the fronto-orbital complex

сформирован обширный надкостничный лоскут на широком основании. Проведена бифронтальная краниотомия; область переноса расширена. Выполнена остеотомия базального лоскута лобной кости с формированием костных замков в надглазничных областях с обеих сторон. В области горизонтальной пластинки решетчатой кости слева выявлено кольцо грыжевого канала. Шейка грыжи максимально базально коагулирована и пересечена (рис. 2, а). Удалось свести края твердой мозговой оболочки в области дефекта и наложить на нее швы. Содержимое грыжевого мешка удалено.

Далее в полость грыжевого мешка введен эндоскоп (0°). При осмотре остатков грыжевых масс не выявлено, стенки мешка с гладкими розовыми поверхностями, не отличимыми от нормальной слизистой оболочки ПН. В связи с отсутствием анатомических ориентиров решено на 2-м этапе операции осуществить удаление стенок грыжи посредством трансназального эндоскопического доступа. Проведен гемостаз; на область дефекта твердой мозговой оболочки уложен свободный лоскут надкостницы (рис. 2, б). Затем в лобной области выпол-

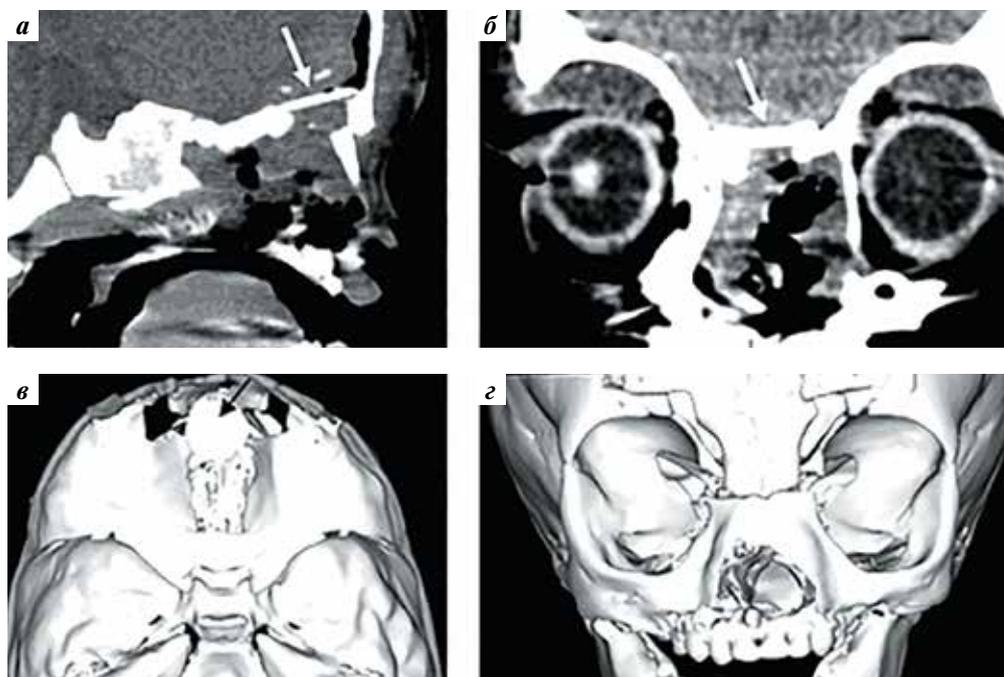
нен забор аутокости с расщеплением ее на 2 кортикальные пластинки. Фрагмент наружной пластинки ремоделирован и использован для пластики дефекта основания черепа; также к ПН уложен широкий участок надкостницы на сосудистой ножке (рис. 2, в). Выполнена герметизация при помощи пластин Тахокомб и фибринового клея. Фрагмент внутреннего кортикального слоя фиксирован в области донорского дефекта. Из срединных отделов базального костного лоскута удалена его средняя часть, в результате чего перемещены медиальные стенки глазниц. Фрагменты фиксированы между собой и установлены в область исходного расположения.

После завершения транскраниального этапа начато трансназальное эндоскопическое удаление грыжевого мешка. При осмотре ПН эндоскопом 0° в среднем носовом ходе слева визуализированы наружные грыжевые оболочки (рис. 2, г), которые были отделены от окружающих структур ПН с помощью монополярной коагуляции и микроножниц и удалены, после чего обнажился дефект основания черепа, закрытый в процессе предыдущего этапа операции (рис. 2, д). В область дефекта установлены



**Рис. 2.** Этапы оперативного вмешательства у пациента Р. Интраоперационные фотографии, полученные с помощью микроскопа (а–в), и эндоскопические изображения (эндоскоп 0°) (г–е): а – удаление энцефалоцеле; б – пластика дефекта основания черепа свободным лоскутом надкостницы; в – пластика дефекта основания черепа надкостничным лоскутом на питающей ножке и фрагментом кости; г – эндоскопический осмотр полости носа; д – удаление оболочек грыжевого мешка; е – пластика дефекта основания черепа со стороны полости носа. НП – носовая перегородка; НГ – носоглотка; ННР – нижняя носовая раковина; СНР – средняя носовая раковина; ГМ – грыжевой мешок; ПМ – пластический материал

**Fig. 2.** Stages of surgical intervention in patient P. Images from the operating microscope (a–в), endoscopic images (0° endoscope) (г–е): а – removal of encephalocele; б – plasty of the skull base defect with a free periosteal flap; в – plasty of the skull base defect with a periosteal flap on a feeding pedicle and a bone fragment; г – endoscopic examination of the nasal cavity; д – removal of the hernia sac membranes; е – plasty of the skull base defect from the side of the nasal cavity. NS – nasal septum; NP – nasopharynx; INT – inferior nasal turbinate; MNT – middle nasal turbinate; HS – hernial sac; PM – plastic material



**Рис. 3.** Компьютерные томограммы (а, б) и компьютерная 3D-реконструкция (в, г) головного мозга пациента Р. в динамике. Послеоперационные изменения в основании передней черепной ямки. Стрелками указан установленный фрагмент аутокости для пластики дефекта основания черепа  
**Fig. 3.** Computed tomography imaging (a, б) and 3D reconstruction (в, г) of the brain of patient P. in dynamics. Postoperative changes in the area of the floor of the anterior cranial fossa. The arrows indicate the installed of autologous bone fragment for plasty of the skull base defect

фрагменты пластины Тахокомб (рис. 2, е), фиксированные тромбиновым клеем из донорской плазмы. В правой ПН рассечены спайки между нижней носовой раковиной и перегородкой носа. Деформированный участок носовой перегородки перемещен влево по средней линии. В общие носовые ходы с обеих сторон установлены тампоны Мероцель.

Послеоперационный период протекал гладко, при лор-осмотрах в динамике на 1–7-е сутки признаков назальной ликвореи не обнаружено. На 7-е сутки после вмешательства проведено контрольное КТ-исследование головного мозга: отмечены послеоперационные изменения в области дна передней черепной ямки (рис. 3).

При патоморфологическом исследовании в первом фрагменте (взят со стороны полости черепа) выявлена глиальная ткань с признаками воспаления; во втором — гипертрофированный эпителий, рубцовые изменения. Гистологическое заключение: ЭЦ.

На 7-е послеоперационные сутки пациент в удовлетворительном состоянии выписан под амбулаторное наблюдение по месту жительства.

## КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ 2

**Пациентка С.,** 10 мес, поступила в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко с диагнозом: трансэтмоидальное ЭЦ слева, дефект основания черепа в области крыши решетчатого лабиринта.

Из анамнеза известно, что с рождения отмечалось нарушение носового дыхания, имели место признаки объемного образования левого носового хода. Ребенок обследован

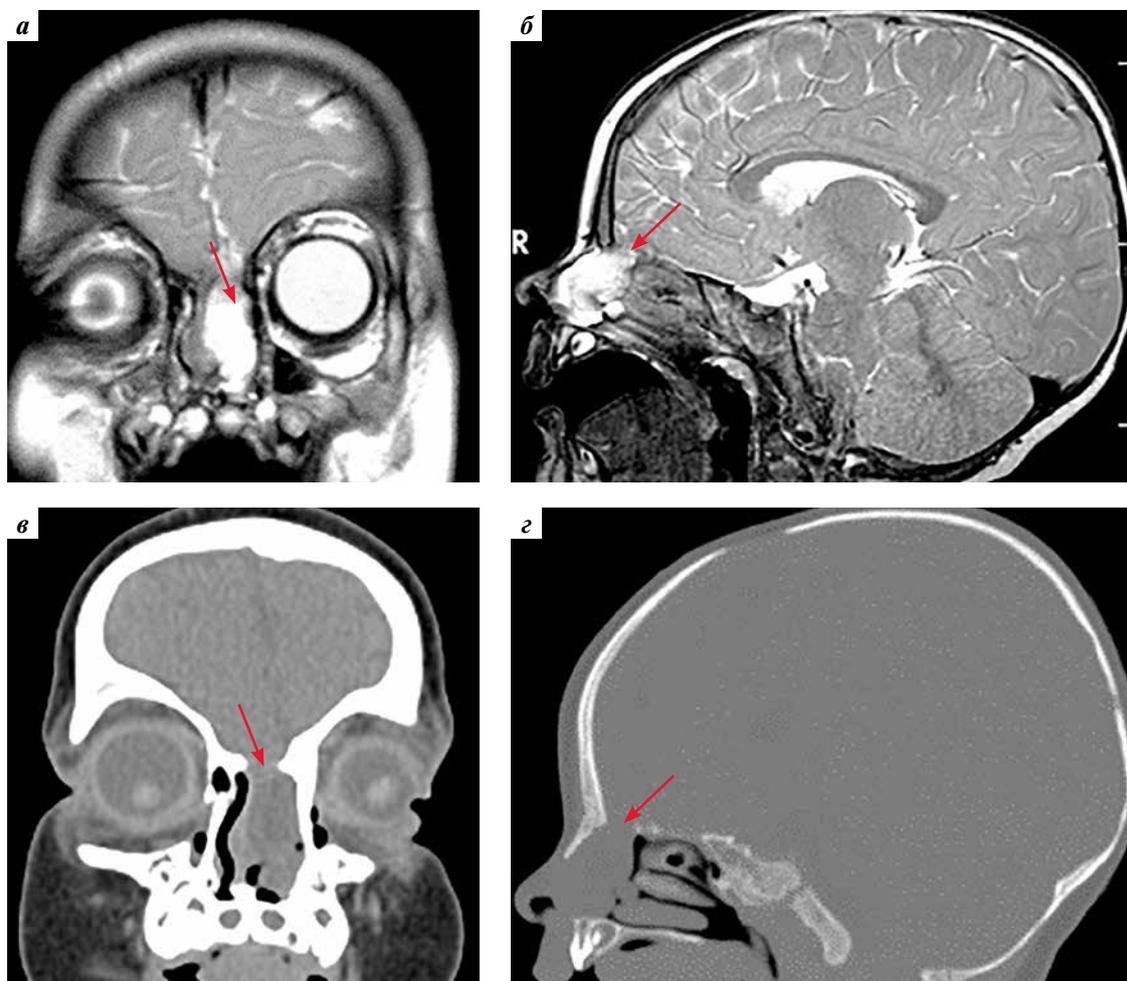
по месту жительства. При КТ и МРТ выявлено трансэтмоидальное ЭЦ с дефектом основания черепа слева. Других пороков развития не обнаружено (рис. 4).

Пациентке выполнена операция в объеме эндоскопического эндоназального устранения ЭЦ и пластики дефекта основания черепа аутотрансплантационными материалами. ЭЦ удалено посредством монополярной коагуляции. При неполном удалении грыжевого мешка стало возможным инструментально определить края дефекта. Первым слоем в просвет дефекта установлен и интракраниально инвагинирован гемостатический материал; вторым слоем уложен васкуляризированный лоскут, взятый из латеральной стенки ПН. Проведена фиксация фибрин-тромбиновым клеем (рис. 5).

Послеоперационный период протекал без особенностей; пациентка выписана на 3-и сутки после операции. Гистологическое исследование: фрагмент мозговой ткани с участками фиброза и фрагмент эпителиальной выстилки. Заключение: ЭЦ.

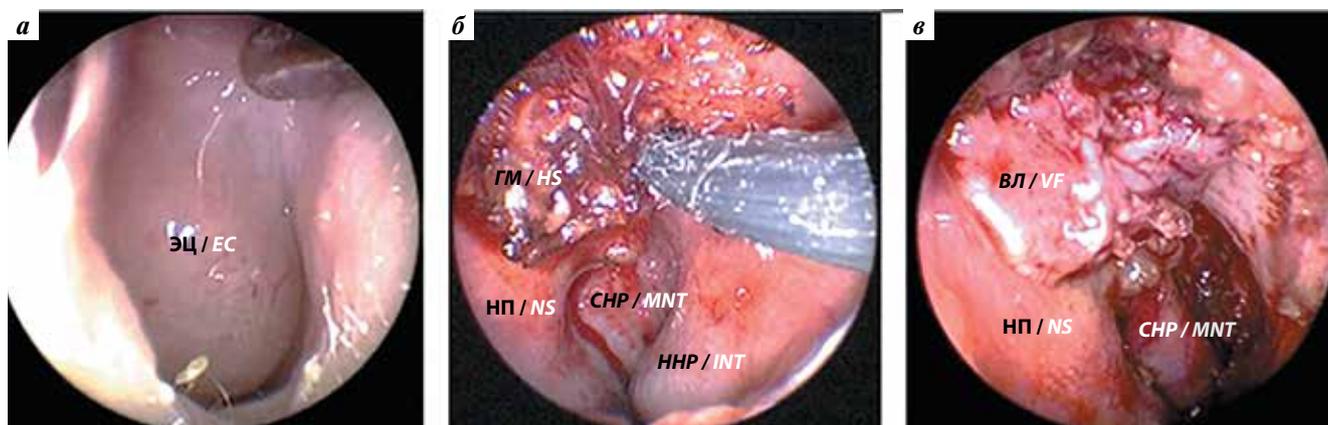
По данным контрольной МРТ через 1 год после операции (в возрасте 1 год 11 мес) выявлены сохраняющиеся трансэтмоидальное ЭЦ, дефект основания черепа в области крыши решетчатого лабиринта слева (рис. 6).

Пациентка повторно госпитализирована в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко в возрасте 2 лет для устранения базальной грыжи. При поступлении состояние стабильное, жалоб не предъявляет. Лор-осмотр: признаков назальной ликвореи не выявлено, носовое дыхание свободное.



**Рис. 4.** Магнитно-резонансные (а, б) и компьютерные томограммы (в, г) головного мозга пациентки С. перед операцией. Трансэтмоидальное энцефалоцеле, дефект основания черепа в области крыши решетчатого лабиринта слева (показан стрелкой)

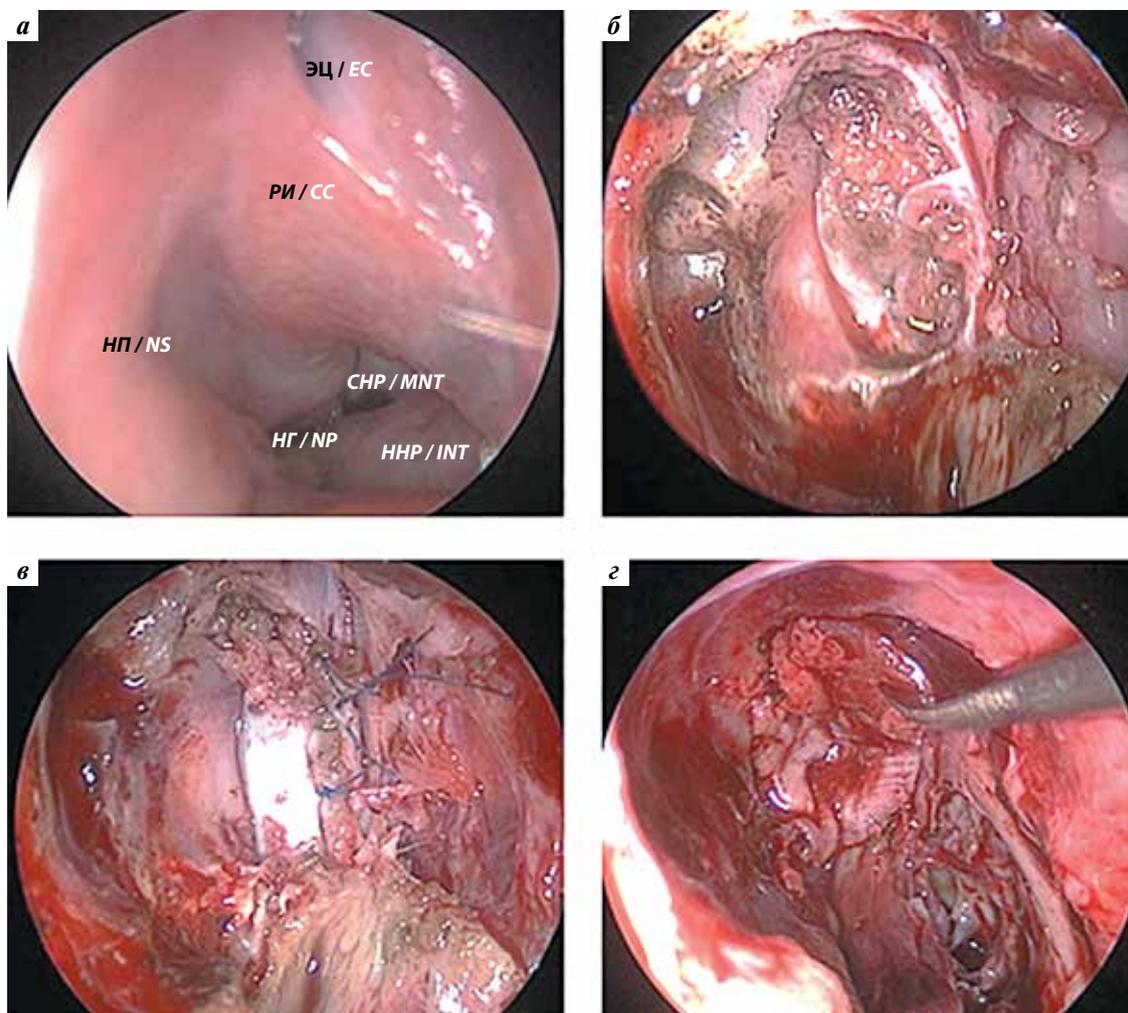
**Fig. 4.** Magnetic resonance imaging (а, б) and computed tomography imaging (в, г) of the brain of patient S. before surgery. Transethmoidal encephalocele, skull base defect in the area of the roof of the ethmoidal labyrinth on the left (shown by the arrow)



**Рис. 5.** Этапы операции у пациентки С. Эндоскопические изображения (эндоскоп 0°), левая сторона: а – энцефалоцеле, занимающее весь просвет носового хода; б – удаление энцефалоцеле путем монополярной коагуляции, остатки грыжевого мешка; в – васкуляризованный лоскут, покрывающий область дефекта основания черепа. НП – носовая перегородка; ННР – нижняя носовая раковина; СНР – средняя носовая раковина; ГМ – грыжевой мешок; ВЛ – васкуляризованный лоскут

**Fig. 5.** Stages of surgery in patient S. Endoscopic images (0° endoscope), left side: а – encephalocele occupying the entire lumen of the nasal passage; б – removal of the encephalocele using monopolar coagulation, remnants of the hernial sac; в – vascularized flap covering the area of the skull base defect. NS – nasal septum; INT – inferior nasal turbinate; MNT – middle nasal turbinate; HS – hernial sac; VF – vascularized flap





**Рис. 7.** Этапы операции у пациентки С. Эндоскопические изображения (эндоскоп 0°), вид со стороны полости носа (левая сторона): а – рубцовые изменения после 1-й операции; б – дефект основания черепа в области крыши решетчатого лабиринта; в – швы на твердой мозговой оболочке; г – фрагмент широкой фасции бедра, уложенный со стороны полости носа на область дефекта. НП – носовая перегородка; НГ – носоглотка; ННР – нижняя носовая раковина; СНР – средняя носовая раковина; ЭЦ – энцефалоцеле; РИ – рубцовые изменения в области предыдущей пластики основания черепа

**Fig. 7.** Stages of surgery in patient S. Endoscopic images (0° endoscope), nasal cavity view (left side): а – cicatricial changes after the 1<sup>st</sup> operation; б – skull base defect in the area of the roof of the ethmoidal labyrinth; в – sutures on the dura mater; г – fragment of the wide fascia of the thigh, laid from the side of the nasal cavity to the defect area. NS – nasal septum; NP – nasopharynx; INT – inferior nasal turbinate; MNT – middle nasal turbinate; EC – encephalocele; CC – cicatricial changes in the area of the previous plasty of the skull base defect

а в 2-месячном возрасте кости свода черепа и надкостница слишком тонкие для забора их в качестве трансплантата. Таким образом, отсрочка операции позволяла избежать многоэтапного лечения и устранить менингоцеле комбинированным (транскраниальным и эндоскопическим) доступом за одно вмешательство.

Выбор доступа для устранения ЭЦ различной этиологии зависит от локализации дефекта, клинической симптоматики, а также от квалификации хирурга и технического оборудования операционной. В настоящее время эндоскопический эндоназальный доступ считается наиболее эффективным при дефектах в области решетчатой пластинки, крыше решетчатого лабиринта, клиновидной пазухе. При расположении

дефекта в лобной пазухе, множественных и крупных (>2 см) базальных дефектах и необходимости устранения деформаций назо-лобно-орбитального комплекса показано использование транскраниального или комбинированного доступа.

Для достижения наилучших результатов лечения необходимо сотрудничество нейрохирургов, отоларингологов, офтальмологов, патоморфологов и других специалистов. В частности, большое значение имеет качественно выполненное пластическое закрытие дефекта основания черепа. Для этого необходимо отделить грыжевое образование от кости и визуализировать костные края дефекта [27].

В клиническом наблюдении 2 ткани грыжевого мешка были отделены от костных краев дефекта

не полностью, что могло послужить причиной нерадикального удаления ЭЦ. При сохраняющемся ЭЦ у ребенка высок риск развития назальной ликвореи и воспалительных осложнений в послеоперационном периоде. Об этом свидетельствуют результаты гистологического исследования в клиническом наблюдении 1 (очагово-диффузная лимфоидная инфильтрация, указывающая на присутствие воспаления). При наличии остаточного образования в ПН нарушается нормальный рост костей лица, что ведет к таким деформациям, как телеорбитизм, смещение спинки и/или перегородки носа. Выделение краев дефекта и их визуализация при эндоназальном эндоскопическом вмешательстве могут служить критериями радикальности устранения ЭЦ. Поскольку при врожденных черепно-мозговых грыжах имеются аномалии развития внутриносовых структур и могут отсутствовать привычные хирургические ориентиры, целесообразно использовать систему интраоперационной навигации [28, 29].

Один из наиболее обсуждаемых в литературе вопросов – выбор трансплантата для пластического закрытия дефекта основания черепа [30, 31]. На сегодняшний день описано множество видов трансплантатов, среди которых можно выделить 2 основные группы: свободные трансплантаты (фрагменты жировой клетчатки, фасция, костные и хрящевые фрагменты, слизистая оболочка ПН) и васкуляризированные лоскуты (назосептальный лоскут, лоскут из носовых раковин). По результатам исследований, риск возникновения назальной ликвореи в послеоперационном периоде при использовании свободных трансплантатов

выше, чем при использовании васкуляризированных лоскутов [32–35]. В клиническом наблюдении 2 для пластики применялся васкуляризированный лоскут из латеральной стенки ПН. Возможно, именно за счет этого у ребенка не развился послеоперационный менингит, несмотря на нерадикальное удаление грыжи.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Базальное ЭЦ – редкая патология, требующая комплексного подхода в условиях специализированного стационара с применением высокотехнологичного оборудования. Риски и тактика лечения определяются индивидуально с учетом возраста пациента, клинических проявлений, размеров ПН, локализации и размеров дефекта основания черепа. При отсутствии назальной ликвореи возможна отсрочка хирургического лечения, что позволяет в последующем использовать аутокость свода черепа, осуществить забор надкостничного лоскута большего размера, выполнить операцию комбинированным доступом и свести к минимуму операционные осложнения. Исследования последних двух десятилетий подтверждают эффективность и безопасность эндоскопической эндоназальной методики при лечении пациентов с патологией основания черепа. Несмотря на то что существующие лечебные методы в большинстве случаев эффективны, не всегда удается достичь желаемого результата. Для определения факторов, влияющих на исход операции, и усовершенствования лечебной тактики полезны обмен опытом и описание клинических наблюдений по лечению пациентов с данной патологией.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Lenze N.R., Gossett K.A., Farquhar D.R. et al. Outcomes of endoscopic *versus* open skull base surgery in pediatric patients. *Laryngoscope* 2021;131(5):996–1001. DOI: 10.1002/lary.29127
2. Suwanwela C., Suwanwela N. A morphological classification of sincipital encephalomeningoceles. *J Neurosurg* 1972;36(2):201–11. DOI: 10.3171/jns.1972.36.2.0201
3. Suwanwela C. Geographical distribution of fronto-ethmoidal encephalomeningocele. *Br J Prev Soc Med* 1972;26(3):193–8. DOI: 10.1136/jech.26.3.193
4. Okano S., Tanaka R., Okayama A. et al. Congenital basal meningoceles with different outcomes: a case series. *J Med Case Rep* 2017;11(1):359. DOI: 10.1186/s13256-017-1497-7
5. Bernal-Sprekelsen M., Alobid I., Mullol J. et al. Closure of cerebrospinal fluid leaks prevents ascending bacterial meningitis. *Rhinology* 2005;43(4):277–81. DOI: 10.1016/s0194-5998(03)01254-3
6. Черникова Н.А., Шелеско Е.В., Сатанин Л.А. и др. Эндоскопический эндоназальный метод в лечении детей с врожденными и приобретенными базальными менингоэнцефалоцеле. *Фармакология & Фармакотерапия* 2022;(спецвыпуск): 64–9. DOI: 10.46393/27132129\_2022\_S\_64  
Chernikova N.A., Shelesko E.V., Satanin L.A. et al. Endoscopic endonasal method in the treatment of children with congenital and acquired basal meningoencephaloceles. *Pharmacologia & Pharmacoterapiya = Pharmacology & Pharmacotherapy* 2022;(special issue):64–9. DOI: 10.46393/27132129\_2022\_S\_64 (In Russ.).
7. Adil E., Robson C., Perez-Atayde A. et al. Congenital nasal neuroglial heterotopia and encephaloceles: an update on current evaluation and management. *Laryngoscope* 2016;126(9):2161–7. DOI: 10.1002/lary.25864
8. Parisi C., Saetti R., Petitto L.L. et al. Transethmoidal encephalocele endoscopically treated in a newborn: a case report. *Childs Nerv Syst* 2021;37(4):1333–7. DOI: 10.1007/s00381-020-04669-5
9. Koutourousiou M., Gardner P.A., Fernandez-Miranda J.C. et al. Endoscopic endonasal surgery for craniopharyngiomas: surgical outcome in 64 patients. *J Neurosurg* 2013;119(5):194–207. DOI: 10.3171/2013.6.JNS12259
10. Schwartz T.H., Fraser J.F., Brown S. et al. Endoscopic cranial base surgery: classification of operative approaches. *Neurosurgery* 2008;62(5):991–1002. DOI: 10.1227/01.neu.0000325861.06832.06
11. Higgins T.S., Thorp B., Rawlings B.A. et al. Outcome results of endoscopic vs craniofacial resection of sinonasal malignancies: a systematic review and pooled-data analysis. *Int Forum Allergy Rhinol* 2011;1(4):255–61. DOI: 10.1002/alf.20051
12. Peng A., Li Y., Xiao Z. et al. Exploration of endonasal endoscopic repair of pediatric cerebrospinal fluid rhinorrhea.

- Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2011;75(3):308–15.  
DOI: 10.1016/j.ijporl.2010.11.016
13. Keshri A.K., Shah S.R., Patadia S.D. et al. Transnasal endoscopic repair of pediatric meningoencephalocele. *J Pediatr Neurosci* 2016;11(1):42–5. DOI: 10.4103/1817-1745.181249
  14. Di Rocco F., Couloigner V., Dastoli P. et al. Treatment of anterior skull base defects by a transnasal endoscopic approach in children: clinical article. *J Neurosurg Pediatr* 2010;6(5):459–63. DOI: 10.3171/2010.8.PEDS09325
  15. Lee J.A., Byun Y.J., Nguyen S.A. et al. Endonasal endoscopic surgery for pediatric anterior cranial fossa encephaloceles: a systematic review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2020;132:109919. DOI: 10.1016/j.ijporl.2020.109919
  16. Tirumandas M., Sharma A., Gbenimacho I. et al. Nasal encephaloceles: a review of etiology, pathophysiology, clinical presentations, diagnosis, treatment, and complications. *Childs Nerv Syst* 2013;29(5):739–44. DOI: 10.1007/s00381-012-1998-z
  17. Elluru R.G. Congenital and acquired malformations of the nose and nasopharynx. *Cummings Pediatric Otolaryngology* 2021;64–76. DOI: 10.1016/b978-0-323-69618-0.00005-6
  18. Xue L., Gehong D., Ying W. et al. Nasal meningoencephalocele: a retrospective study of clinicopathological features and diagnosis of 16 patients. *Ann Diagn Pathol* 2020;49:151594. DOI: 10.1016/j.anndiagpath.2020.151594
  19. Makary C.A., Zalzal H.G., Ramadan J. et al. Endoscopic endonasal CSF rhinorrhea repair in children: systematic review with meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2020;134:110044. DOI: 10.1016/j.ijporl.2020.110044
  20. Ma J., Huang Q., Li X. et al. Endoscopic transnasal repair of cerebrospinal fluid leaks with and without an encephalocele in pediatric patients: from infants to children. *Childs Nerv Syst* 2015;31(9):1493–8. DOI: 10.1007/s00381-015-2746-y
  21. Thompson H.M., Schlosser R.J., McCarty Walsh E. et al. Current management of congenital anterior cranial base encephaloceles. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2020;131:109868. DOI: 10.1016/j.ijporl.2020.109868
  22. Mohindra Satyawati, Mohindra Sandeep, Mahendru S., Patil N.R. Endoscopic management of congenital nasal meningoencephaloceles: a short series of 15 paediatric cases. *Childs Nerv Syst* 2020;36(12):3059–62. DOI: 10.1007/s00381-020-04649-9
  23. Gun R., Tosun F., Durmaz A. et al. Predictors of surgical approaches for the repair of anterior cranial base encephaloceles. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(4):1299–305. DOI: 10.1007/s00405-012-2174-5
  24. Woodworth B.A., Schlosser R.J., Faust R.A. et al. Evolutions in the management of congenital intranasal skull base defects. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;130(11):1283–8. DOI: 10.1001/archotol.130.11.1283
  25. Sasani M., Ozer A.F., Aydin A.L. Endoscopic treatment of trans-sellar trans-sphenoidal encephalocele associated with morning glory syndrome presenting with non-traumatic cerebrospinal fluid rhinorrhea. *J Neurosurg Sci* 2009;53(1):31–5.
  26. Oucheng N., Lauwers F., Gollogly J. et al. Frontoethmoidal meningoencephalocele: appraisal of 200 operated cases – clinical article. *J Neurosurg Pediatr* 2010;6(6):541–9. DOI: 10.3171/2010.9.PEDS1043
  27. Сахаров А.В., Рогинский В.В., Капитанов Д.Н. и др. Современные методы диагностики и лечения детей с врожденными базальными черепно-мозговыми грыжами. *Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко»* 2017;81(3):30–8. DOI: 10.17116/neiro201781330-38  
Sakharov A.V., Roginskiy V.V., Kapitanov D.N. et al. Modern diagnosis and treatment in children with congenital basal encephalocele. *Zhurnal Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2017;81(3):30–8. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro201781330-38
  28. Batra P.S., Kanowitz S.J., Citardi M.J. Clinical utility of intraoperative volume computed tomography scanner for endoscopic sinonasal and skull base procedures. *Am J Rhinol* 2008;22(5):511–5. DOI: 10.2500/ajr.2008.22.3216
  29. Iida E., Anzai Y. Imaging of paranasal sinuses and anterior skull base and relevant anatomic variations. *Radiol Clin North Am* 2017;55(1):31–52. DOI: 10.1016/j.rcl.2016.08.009
  30. Deopujari C.E., Shah N.J., Shaikh S.T. et al. Endonasal endoscopic skull base surgery in children. *Childs Nerv Syst* 2019;35(11):2091–8. DOI: 10.1007/s00381-019-04167-3
  31. Nogueira J.F. Jr, Stamm A.C., Vellutini E. et al. Endoscopic management of congenital meningo-encephalocele with nasal flaps. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009;73(1):133–7. DOI: 10.1016/j.ijporl.2008.09.013
  32. Shah R.N., Surowitz J.B., Patel M.R. et al. Endoscopic pedicled nasoseptal flap reconstruction for pediatric skull base defects. *Laryngoscope* 2009;119(6):1067–75. DOI: 10.1002/lary.20216
  33. Bassett E., Farag A., Iloreta A. et al. The extended nasoseptal flap for coverage of large cranial base defects. *Int Forum Allergy Rhinol* 2016;6(11):1113–6. DOI: 10.1002/alr.21778
  34. Zanation A.M., Snyderman C.H., Carrara R.L. et al. Minimally invasive endoscopic pericranial flap: a new method for endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope* 2009;119(1):13–8. DOI: 10.1002/lary.20022
  35. Boetto J., Labidi M., Watanabe K. et al. Combined nasoseptal and inferior turbinate flap for reconstruction of large skull base defect after expanded endonasal approach: operative technique. *Oper Neurosurg* 2019;16(1):45–52. DOI: 10.1093/ons/opy046

**Вклад авторов**

Н.И. Черникова: ассистирование на операциях, наблюдение за пациентами, сбор данных для анализа, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

Л.А. Сатанин: проведение хирургических операций, анализ полученных данных, обзор литературы по теме статьи, написание и редактирование текста статьи;

Е.В. Шелеско: проведение хирургических операций, наблюдение за пациентами, редактирование текста статьи;

С.В. Шугай: научное консультирование;

М.А. Кутин: редактирование текста статьи, научное консультирование;

Н.И. Головин: ассистирование на операциях, наблюдение за пациентами;

А.В. Сахаров: проведение хирургических операций, ассистирование на операциях, наблюдение за пациентами.

**Authors' contribution**

N.A. Chernikova: surgical assistance, patient monitoring, collection data for analysis, analysis of the data obtained, review of publications on the topic of the article, article writing;

L.A. Satanin: performing surgical operations, analysis of the data obtained, review of publications on the topic of the article, article writing;

E.V. Shelesko: performing surgical operations, patient monitoring, editing of the article;

S.V. Shugai: scientific consulting;

M.A. Kutin: editing of the article, scientific consulting;

N.I. Golovin: surgical assistance, patient monitoring;

A.V. Sakharov: performing surgical operations, surgical assistance, patient monitoring.

**ORCID авторов / Authors' ORCID**

Н.А. Черникова / N.A. Chernikova: <https://orcid.org/0000-0002-4895-233X>

Л.А. Сатанин / L.A. Satanin: <https://orcid.org/0000-0003-2051-1855>

Е.В. Шелеско / E.V. Shelesko: <https://orcid.org/0000-0002-8249-9153>

С.В. Шугай / S.V. Shugai: <https://orcid.org/0000-0001-8079-8523>

М.А. Кутин / M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>

Н.И. Головин / N.I. Golovin: <https://orcid.org/0000-0002-9600-940X>

А.В. Сахаров / A.V. Sakharov: <https://orcid.org/0000-0002-3243-129X>

**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.**

Родители пациентов (законные представители) подписали информированное согласие на публикацию их данных.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics.**

The parents of the patients (legal representatives) signed an informed consent to the publication of their data.

# СТЕРЕОТАКСИЧЕСКАЯ РАДИОХИРУРГИЯ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ ШВАННОМ: ЭВОЛЮЦИЯ ФИЛОСОФИИ ЛЕЧЕНИЯ

С.Р. Ильялов<sup>1</sup>, А.В. Голанов<sup>2</sup>, С.М. Банов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Гамма Медтехнологии»; Россия, 249036 Обнинск, ул. Королева, 4;

<sup>2</sup>отделение радиотерапии и радиохирургии ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16

**Контакты:** Сергей Рустамович Ильялов [sergeyilyalov@gmail.com](mailto:sergeyilyalov@gmail.com)

Вестибулярные шванномы – наиболее частая разновидность опухолей области мостомозжечкового угла. Стереотаксическая радиохирургия входит в арсенал методов лечения данных опухолей наравне с традиционным хирургическим подходом. В России с учетом заболеваемости, превышающей 15 радиохирургических случаев на 1 млн населения в год, ожидаемая потребность в стереотаксической радиохирургии при вестибулярных шванномах составляет более 2 тыс. вмешательств ежегодно.

Стереотаксическая радиохирургия находится на стыке нескольких клинических специальностей: нейрорадиологии, нейрохирургии и радиационной терапии, каждая из которых внесла серьезный вклад в развитие данного метода лечения. Наиболее часто в клинической практике используется кобальтовый аппарат «Гамма-нож», специально предназначенный для воздействия на интракраниальные новообразования. Также применяются современные линейные ускорители электронов и протонные ускорители, обеспечивающие высокую точность и конформность облучения. Опыт применения, накопленный с момента первого применения данного метода в лечении вестибулярных шванном, позволил не только оптимизировать дозы облучения для воздействия на опухоль и прилежащие критические структуры (ствол мозга, внутреннее ухо), но и изучить особенности постлучевых микро- и макроизменений, их влияние на клиническое течение, а также разработать рекомендации по радиохирургии шванном различного размера. Все это способствует высокому уровню контроля роста опухоли и низкой частоте функциональных нарушений, что наряду с хорошей переносимостью и минимальными сроками госпитализации определяет более низкую себестоимость лечения по сравнению с традиционной хирургией и значительный социально-экономический эффект.

Представленная лекция предназначена для нейрохирургов и радиационных терапевтов и посвящена наиболее значимым факторам, повлиявшим на развитие, продвижение и активное применение стереотаксической радиохирургии вестибулярных шванном в клинической практике.

**Ключевые слова:** стереотаксическая радиохирургия, «Гамма-нож», вестибулярная шваннома, псевдопрогрессия, лицевой нерв, нарушения слуха

**Для цитирования:** Ильялов С.Р., Голанов А.В., Банов С.М. Стереотаксическая радиохирургия вестибулярных шванном: эволюция философии лечения. Нейрохирургия 2024;26(1):110–22. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-110-122>

## Stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: evolution of the philosophy of treatment

S.R. Ilyalov<sup>1</sup>, A.V. Golanov<sup>2</sup>, S.M. Banov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“Gamma Medtechnology” Ltd.; 4 Koroleva St., Obninsk 249036, Russia;

<sup>2</sup>Radiotherapy and Radiosurgery Department, N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4<sup>th</sup> Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia

**Contacts:** Sergey Rustamovich Ilyalov [sergeyilyalov@gmail.com](mailto:sergeyilyalov@gmail.com)

Vestibular schwannomas are the most common tumors in the cerebellopontine angle. Stereotactic radiosurgery is included in the armamentarium of methods for treating these tumors along with surgical treatment. Given the annual incidence of more than 15 radiosurgical cases of vestibular schwannomas per 1 million population, the expected need for stereotactic radiosurgery of these tumors in Russia is more than 2000 cases annually.

Stereotactic radiosurgery is located at the intersection of several clinical specialties: neuroradiology, neurosurgery and radiation therapy, each of which has made a significant contribution to the development of this treatment method. The most commonly used for this is the cobalt-based Leksell Gamma Knife, specifically intended for the treatment of intracranial neoplasms. Treatment is also possible with modern linear accelerators and proton accelerators, which provide high accuracy and conformity of irradiation. The experience gained since the first application of this method in the treatment of vestibular schwannomas has made it possible not only to optimize the radiation doses to the tumor and adjacent critical structures (brain stem, inner ear), but also to study the features of post-radiation micro- and macro-changes, their impact on the clinical course, to develop recommendations for radiosurgery with schwannomas of various sizes. All this contributes to high control of tumor growth and a low level of functional disorders, which, along with easy tolerability and minimal hospitalization time, determines lower cost of this treatment compared to the traditional surgical approach and significant social and economic effect.

This lecture is intended for neurosurgeons and radiation therapists and focuses on the most significant factors that influenced the development, promotion and active use of stereotactic radiosurgery of vestibular schwannomas in clinical practice.

**Keywords:** stereotactic radiosurgery, Gamma Knife, vestibular schwannoma, pseudoprogression, facial nerve, hearing impairment

**For citation:** Ilyalov S.R., Golanov A.V., Banov S.M. Stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: evolution of the treatment philosophy. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):110–22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-110-122>

## ВВЕДЕНИЕ

Вестибулярные шванномы (ВШ) составляют от 6 до 10 % всех первичных внутримозговых опухолей и 80 % всех новообразований мостомозжечкового угла [1]. Заболеваемость составляет примерно 10 случаев на 1 млн человек, однако внутри популяции в течение многих лет могут отмечаться заметные колебания — от 5,4 до 23 случаев на 1 млн человек [2]. С момента проведения профессором Л. Лекселлом в 1969 г. первой радиохирургической операции при ВШ аппаратом «Гамма-нож» прошло более полувека [3]. Сейчас стереотаксическая радиохирургия (СРХ) прочно вошла в арсенал методов лечения данных опухолей наряду с традиционным хирургическим подходом. В России ежегодно выявляют более 15 радиохирургических случаев ВШ на 1 млн населения, и ожидаемая потребность в СРХ при этих новообразованиях составляет более 2 тыс. вмешательств в год [4].

Представленная лекция предназначена для нейрохирургов и радиационных терапевтов и посвящена наиболее значимым факторам, повлиявшим на развитие, продвижение и активное применение СРХ ВШ в клинической практике.

## РАЗВИТИЕ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ

Визуализация опухоли и планирование дозного распределения при первых радиохирургических вмешательствах на ВШ осуществлялись на основе пневмоэнцефалографии [5]. Безусловно, данный метод обладал низкой информативностью, помимо прочего представляя только двухмерное изображение. Планирование облучения (расчет дозного распределения) осуществлялось вручную [6]. Тем не менее до 1984 г. Л. Лекселл выполнил радиохирургические вмешательства с помощью «Гамма-ножа» более чем 90 пациентам

с ВШ. С середины 1970-х годов в медицинскую практику стали повсеместно внедряться рентгеновская компьютерная томография, а чуть позже и ядерная магнитно-резонансная томография. Возможность получения послойных изображений и, соответственно, трехмерных моделей мозговых структур и патологических образований расширила возможности СРХ, но качество получаемых изображений оставалось низким. Достаточно отметить, что первые магнитно-резонансные (МР) томографы имели показатель индукции магнитного поля всего 0,005 Тл. В середине 1990-х годов в клиническую практику вошли МР-томографы с индукцией магнитного поля 1,0–1,5 Тл, позволявшие получать уже довольно качественные изображения. И если до 1992 г. было проведено всего 1,5 тыс. радиохирургических вмешательств при ВШ, то к 1995 г. такое же количество операций проводилось уже ежегодно и к 2002 г. их общее количество превысило 21 тыс.

В начале XXI в. произошел качественный скачок в развитии компьютерной техники и программного обеспечения, благодаря внедрению и широкому распространению которых появились принципиально новые возможности: 1) выполнение спиральной компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии (МРТ) высокого разрешения, позволяющих досконально, до мельчайших подробностей визуализировать тонкие интракраниальные структуры — сосуды и черепно-мозговые нервы; 2) внедрение новых режимов сканирования, дающих возможность не только визуализации, но и дифференциальной диагностики многих опухолевых процессов; 3) внедрение в рутинную практику компьютерного планирования облучения, позволяющего максимально повысить качество расчетов дозного распределения и сократить время на его моделирование. Это способствовало еще более интенсивному развитию СРХ в целом

и 6-кратному увеличению числа проведенных радиохирургических вмешательств при ВШ в частности за последующие 20 лет. Стоит подчеркнуть, что перед началом пандемии COVID-19 прирост количества радиохирургических вмешательств по поводу ВШ в мире только на аппаратах «Гамма-нож» составлял около 9 тыс. случаев ежегодно [7]. На сегодняшний день использование МРТ высокого разрешения является «золотым стандартом» визуализации большинства опухолевых процессов в головном мозге и позволяет решать самый широкий спектр задач (табл. 1).

По сути, появление высококачественной нейровизуализации (в первую очередь МРТ, в меньшей степени – спиральная компьютерная томография) так же способствовало развитию СРХ, как в свое время внедрение операционных микроскопов и жесткой интраоперационной фиксации головы пациентов – развитию микронейрохирургии (табл. 2).

### ИЗУЧЕНИЕ РАДИОБИОЛОГИИ

Радиобиологические характеристики ВШ человека *in vivo* впервые оценили на мышах, которым имплантировали взятые у пациентов опухолевые образцы. После этого животных подвергали облучению на аппарате «Гамма-нож» разовыми дозами 10, 20 и 40 Гр. Было установлено, что увеличение дозы облучения до 40 Гр значительно уменьшало объем опухоли и ее васкуляризацию уже через 2 нед после облучения, тогда как при дозе 10 Гр уменьшение объема опухоли было незначительным и изменений в васкуляризации не наблюдалось [8].

Несмотря на высокий уровень контроля роста ВШ после СРХ, у незначительной части пациентов опухоль

может в дальнейшем прогрессивно увеличиваться, что обуславливает необходимость ее хирургического удаления и, соответственно, дает возможность морфологического изучения постлучевых изменений. G.T. Szeifert и соавт. (2004) подробно описали морфологические паттерны, выявляемые в ВШ в различные сроки после СРХ, а именно: коагуляционный некроз в центральной части опухоли, соответствующий наиболее высоким значениям дозы облучения; окружающая его переходная зона с ослабленной тканевой структурой опухолевых клеток и внешняя капсула из живых опухолевых клеток (в соответствии с относительно невысокой краевой дозой). Местами выявляется пролиферация грануляционной ткани с воспалительной клеточной инфильтрацией, что соответствует исходу некротического процесса с последующим замещением рубцовой тканью. Выявляемое повреждение эндотелия с исходом в гиалиноз имеет важное значение с точки зрения нарушения питания опухоли [9].

Следует понимать, что большинство живых клеток по периферии опухоли после облучения теряют свою митотическую активность и в дальнейшем элиминируются путем апоптоза. D.J. Lee и соавт. (2003), помимо аналогичных изменений, описали гиперклеточные области, подобные нормальным необлученным тканям ВШ, а В.Н. Шиманский и соавт. (2018), наоборот, отметили потерю клеточности, нарастание полиморфизма и увеличение количества сетчатых структур [10, 11]. Хотя гистологические особенности облученных ВШ различаются, общих черт, специфических для радиационно-индуцированных изменений ВШ, не выявлено.

**Таблица 1.** Современные возможности магнитно-резонансной томографии в радиохирургии

**Table 1.** Current capabilities of magnetic resonance imaging in radiosurgery

До радиохирургического вмешательства Before radiosurgery	В процессе радиохирургического вмешательства In the process of radiosurgical intervention	После радиохирургического вмешательства After radiosurgery
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установление диагноза, дифференциальная диагностика Diagnosis, differential diagnosis</li> <li>• Оценка естественного роста опухоли Evaluation of natural tumor growth</li> <li>• Оценка особенностей распространения опухоли Assessment of tumor spread features</li> <li>• Уточнение показаний к лечению и прогнозирование возможных рисков Clarification of indications for treatment and prediction of possible risks</li> <li>• Визуализация сопутствующих процессов и их правильная интерпретация Visualization of associated processes and their correct interpretation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Визуализация патологического очага Visualization of the pathological lesion</li> <li>• Визуализация анатомических структур, в том числе критически важных и радиочувствительных (например, зрительные пути, ствол мозга, подкорковые ядра, структуры внутреннего уха и т. п.) Visualization of anatomical structures, including critical and radiosensitive structures (e. g. visual pathways, brainstem, subcortical nuclei, inner ear structures, etc.).</li> <li>• Дифференциация здоровых и патологических тканей Differentiation of healthy and pathologic tissues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оценка динамики изменений основного процесса Assessment of the dynamics of changes in the main process</li> <li>• Оценка динамики изменений сопутствующих процессов Assessment of the dynamics of changes in the associated processes</li> <li>• Уточнение показаний к повторному облучению или к хирургии Clarification of indications for re-irradiation or surgery</li> </ul>

Таблица 2. Основы сходства между микронейрохирургией и нейрорадиохирургией

Table 2. The basics of similarity between microneurosurgery and neuroradiosurgery

Микронейрохирургия Microneurosurgery	Нейрорадиохирургия Neuroradiosurgery
Жесткая фиксация головы (скоба Мэйфилда) Rigid fixation of the head (Mayfield brace)	Жесткая фиксация головы (стереотаксическая рама Лекселла или индивидуальная термопластическая маска) Rigid fixation of the head (stereotactic Lexell frame or individual thermoplastic mask)
Операционный микроскоп Operating microscope	МРТ высокого разрешения в режиме градиентного эха: High-resolution MRI in gradient echo mode: – T1 (SPGR, FFE) – 1 мм, с контрастным усилением или без него ± FatSat T1 (SPGR, FFE) – 1 mm, with or without contrast enhancement ± FatSat – T2 (FIESTA, CISS) – 0,5–1 мм T2 (FIESTA, CISS) – 0.5–1 mm СКТ в режиме «костного» окна – 0,5–1 мм SCT in the «bone» window mode – 0.5–1 mm

**Примечание.** МРТ – магнитно-резонансная томография, СКТ – спиральная компьютерная томография.

*Note.* MRI – magnetic resonance imaging; SCT – spiral computed tomography.

### ИЗМЕНЕНИЕ ДИАПАЗОНА ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ДОЗ

В конце 1980-х – начале 1990-х гг. большинство радиохирургических центров мира использовали диапазон доз 18–20 Гр по краю опухоли при облучении ВШ. При этом отмечался высокий (до 21 %) уровень стойкой постлучевой дисфункции лицевого нерва. К началу 2000-х годов применяемый в клинической практике диапазон доз был снижен – сначала до 16 Гр, а в последующем – до 12–13 Гр по краю опухоли. Такой подход позволил снизить частоту постлучевой фациальной нейропатии до приемлемого уровня (<1 %) [12].

В целом ВШ являются относительно радиорезистентными опухолями, что требует более высоких доз облучения, однако необходимый баланс между высоким уровнем контроля роста и минимальным уровнем функциональной дисфункции достигается при СРХ с относительно невысокой краевой дозой 12–13 Гр (при однофракционном облучении). Контроль опухолевого роста после облучения достигается в 96–98 % случаев. Применение разовых доз >14 Гр повышает риск тригеминальной и фациальной дисфункции. Объем опухоли при планировании (gross tumor volume, GTV) включает контрастируемую часть опухоли (определяется по данным МРТ в режиме T1 с контрастным усилением), а клинический объем (clinical tumor volume, CTV) равен GTV с минимальным краевым захватом (0–2 мм) в зависимости от степени иммобилизации головы пациента (стереотаксическая рама или термопластическая маска) [13–15].

Для минимизации риска последующего снижения слуха необходимо стремиться к максимально возможному снижению средней дозы в улитке, которая не должна превышать 4,2 Гр [16]. Применение краевой дозы 12 Гр позволяет также минимизировать лучевую нагрузку на ствол мозга, допустимое значение которой составляет ≥12 Гр на объем ствола мозга ≤30–50 мм<sup>3</sup> [17].

Таким образом, изменение клинического подхода в сторону уменьшения краевой дозы (вопреки относительной радиорезистентности ВШ) позволило обеспечить оптимальное сочетание максимально высокой эффективности и очень низкого уровня функциональных осложнений.

### ИЗМЕНЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПСЕВДОПРОГРЕССИИ

Пожалуй, важнейшей особенностью ВШ после облучения является их склонность к транзиторному увеличению размеров, так называемой псевдопрогрессии (ПП). Постлучевое увеличение ВШ было описано В.Е. Pollock в 2006 г., однако упоминания об этом феномене встречались и ранее [18, 19]. С. Delsanti и соавт. (2008) выявили увеличение опухоли у 57,1 % больных, в том числе более чем на 30 % (максимально до 200 %) у 29,2 % пациентов. Авторы пришли к выводу, что непрерывное увеличение объема ВШ через 3 года после СРХ (больше, чем в день лечения и на момент предыдущего контроля) следует рассматривать как неэффективность лечения, и предложили осуществлять отсроченное наблюдение за пациентами в сроки 5, 7 и 10 лет [20].

В целом вплоть до недавнего времени доминировало представление о типичном течении ПП в течение 2 лет после проведенной СРХ. Более длительное ее течение или увеличение объема ВШ более чем на 20 % некоторыми авторами расценивалось как продолженный рост опухоли и как показание к повторному облучению или удалению опухоли [21, 22]. Позднее J. Regis и соавт. (2017) отметили, что ПП может иметь более затяжное течение и средний срок ее продолжительности может составлять до 3–4 лет [23]. J. Breshear и соавт. (2019), изучив динамику ПП ВШ, установили, что опухоли, изначально увеличивающиеся в размерах через 1–3 года после СРХ, с 90 % достижением пика объема в течение 3,5 года после лечения, в конечном

итоге начинают уменьшаться при более длительном наблюдении (45 % через 4 года, 77 % – через 6 лет). На основании этого авторы пришли к выводу, что увеличение опухоли в течение примерно 3,5 года после лечения не должно являться единственным критерием для принятия решения о повторном лечении (удалении или повторном облучении) [24].

Опыт НМИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко (2022) также показал, что пик постлучевого увеличения объема ВШ в среднем приходится на 3-й год наблюдения, а средняя продолжительность ПП составляет около 4 лет. При этом в 62,6 % случаев ПП имеет привычное короткое (типичное) течение (развитие и последующий регресс ПП в течение первых 2 лет после облучения), но в 37,4 % встречается затяжное (пролонгированное) течение (развитие и последующий регресс ПП в течение более чем 2 лет после облучения) (рис. 1).

После прохождения пика максимального увеличения, с появлением тенденции к обратному уменьшению, через 5 лет наблюдения у 15,4 % пациентов данной подгруппы еще сохранялось увеличение объема опухоли от 10 до 20 % и у 15,4 % – от 20 до 50 %. Кроме этого, более чем в 3 % случаев возможно даже атипичное развитие ПП (отсроченное развитие после первоначального уменьшения ВШ) (рис. 2) [25].

Наблюдения атипичного течения ПП опубликованы также и другими авторами [26, 27]. Таким образом, расширение представления об особенностях течения ПП не только обуславливает необходимость более тщательной и взвешенной оценки постлучевых изменений, но и приводит к переоценке показаний к хи-

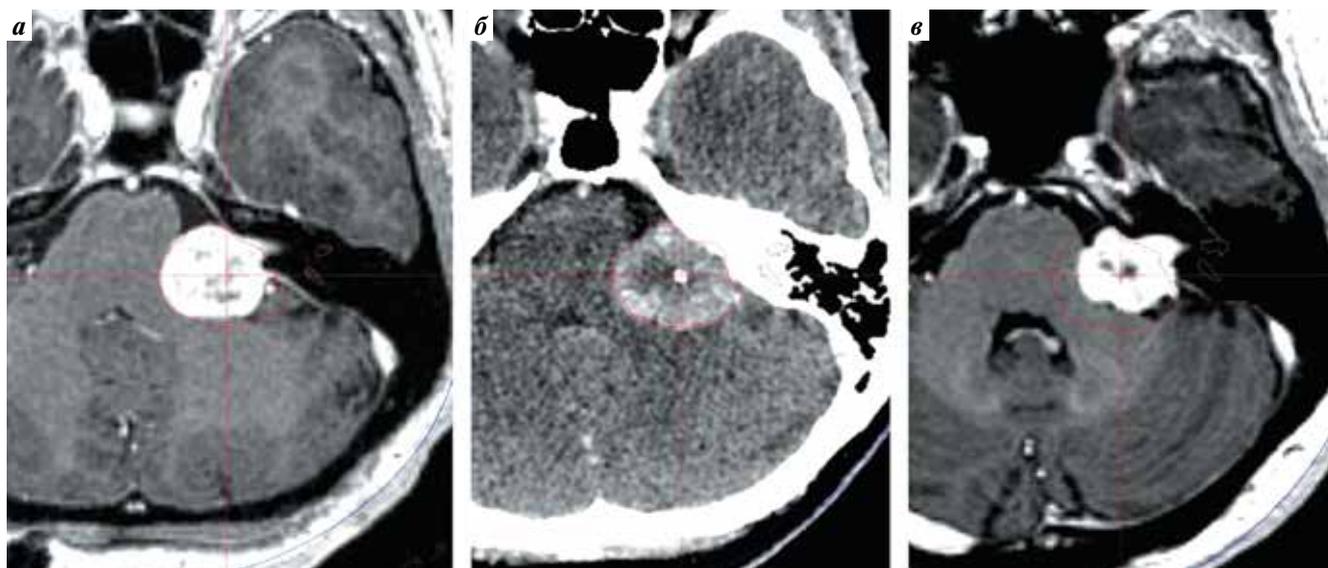
рургическому удалению ВШ после облучения и положений о целесообразности повторной СРХ.

### ДОЛГОСРОЧНЫЙ МОНИТОРИНГ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ

Один из важнейших принципов проведения СРХ – осуществление последующего регулярного наблюдения за пациентами с оценкой контроля опухолевого роста и функциональных исходов. Это позволило накопить обширную доказательную базу эффективности данного метода и достоверности ближайших и отдаленных результатов. Например, на основании опубликованных данных сформулированы рекомендации по лечению наиболее мелких ВШ, локализующихся во внутреннем слуховом проходе (интрамеатально) (табл. 3).

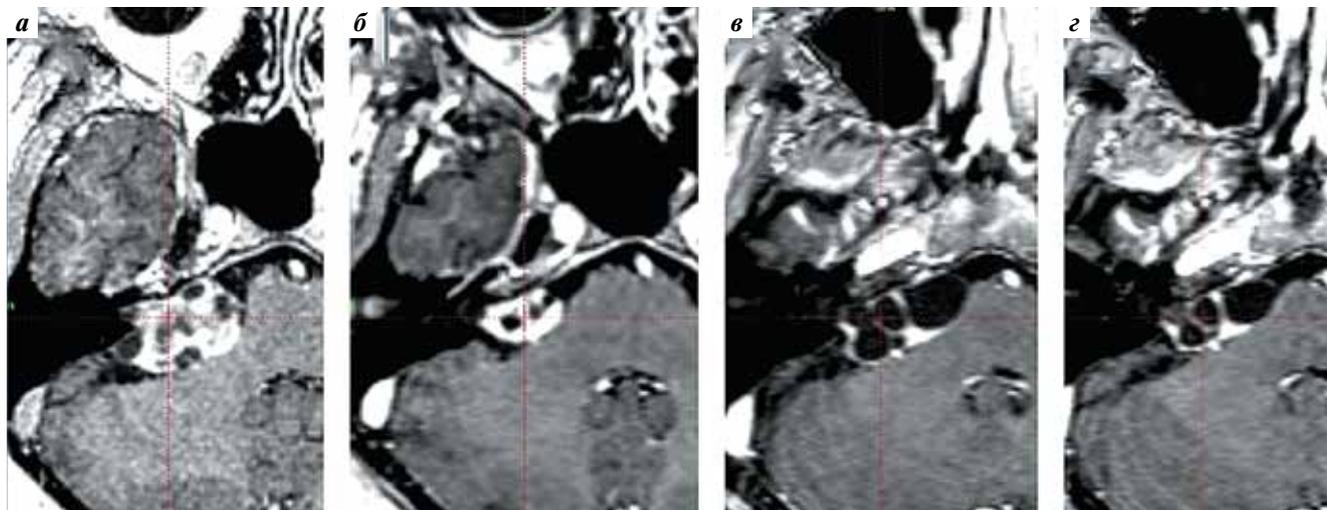
Если при динамическом наблюдении интрамеатальной ВШ без первичной потери слуха в дальнейшем выявляется развитие тугоухости даже легкой степени и/или появляются признаки увеличения опухоли по данным МРТ, методом выбора является СРХ [28].

С.Н. Breivick и соавт. (2013) в сравнительном исследовании показали, что при динамическом наблюдении в течение 8 лет после диагностирования ВШ вероятность дальнейшего лечения составляет 96 %, в то время как после радиохирургии – только 2,2 % ( $p < 0,001$ ) [29]. J. Regis и соавт. (2010) в сравнительном исследовании выявили достоверно нарастающее в течение 5 лет преимущество СРХ перед динамическим наблюдением при сочетанной оценке контроля роста опухоли и сохранности функционального слуха начиная со 2-го года наблюдения [30].



**Рис. 1.** Магнитно-резонансные и спиральные компьютерные томограммы. Затяжное течение типичной псевдопрогрессии вестибулярной шванномы после стереотаксической радиохирургии (СРХ): а – на момент проведения СРХ: объем опухоли 6,2 см<sup>3</sup>; б – через 5,5 года после СРХ: объем опухоли 9,1 см<sup>3</sup>; в – через 10 лет после СРХ: объем опухоли 3,9 см<sup>3</sup>

**Fig. 1.** Magnetic resonance and spiral computed imaging. Protracted course of a typical vestibular schwannoma pseudoprogression after stereotactic radiosurgery (SRS): a – at the time of SRS: tumor volume 6.2 cm<sup>3</sup>; б – 5.5 years after SRS: tumor volume 9.1 cm<sup>3</sup>; в – 10 years after stereotactic SRS: tumor volume 3.9 cm<sup>3</sup>



**Рис. 2.** Магнитно-резонансные томограммы вестибулярной шванномы. Атипичная псевдопрогрессия вестибулярной шванномы после стереотаксической радиохирургии (СРХ): а — на момент проведения СРХ: объем опухоли 7,4 см<sup>3</sup>; б — через 2 года после СРХ: уменьшение объема опухоли до 1,5 см<sup>3</sup>; в — через 4 года: увеличение объема до 8,0 см<sup>3</sup>; г — через 4,5 года: уменьшение объема до 5,0 см<sup>3</sup>

**Fig. 2.** Magnetic resonance imaging of vestibular schwannoma. Atypical pseudoprogression of vestibular schwannoma after stereotactic radiosurgery (SRS): а — at the time of SRS: tumor volume is 7.4 cm<sup>3</sup>; б — 2 years after SRS: a decrease in volume to 1.5 cm<sup>3</sup>; в — after 4 years: an increase in volume to 8.0 cm<sup>3</sup>; г — after 4.5 years: a decrease in volume to 5.0 cm<sup>3</sup>

**Таблица 3.** Тактика лечения впервые выявленных интрамеатальных вестибулярных шванном (ВШ)

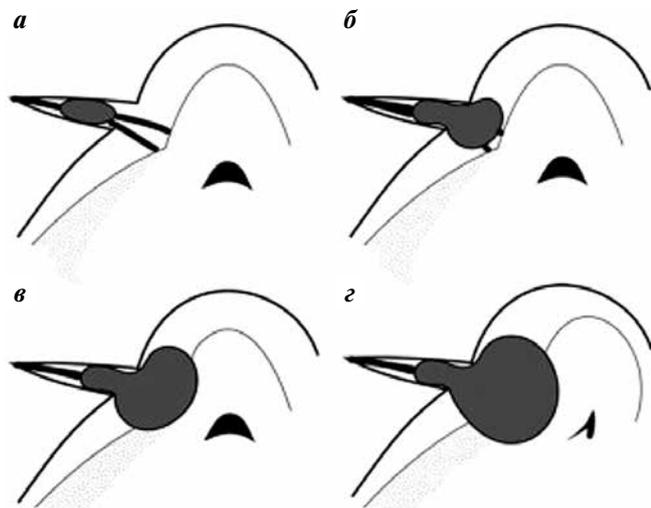
**Table 3.** Treatment tactics for newly diagnosed intrameatal vestibular schwannomas (VS)

При отсутствии нарушения слуха With no hearing impairment	При частичном снижении слуха With partial hearing impairment	При полной потере слуха With total hearing loss
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наблюдение — метод выбора (уровень доказательности III, уровень рекомендации C) Follow-up is the method of choice (evidence level III, recommendation grade C)</li> <li>• Радиохирургия — альтернатива наблюдению для контроля роста опухоли и сохранности функции черепно-мозговых нервов в долгосрочной перспективе. Существует небольшой риск ухудшения функции черепных нервов или качества жизни (уровень доказательности II, уровень рекомендации B) Radiosurgery is an alternative to observation to control tumor growth and preserve cranial nerves' function in the long term. There is a small risk of worsening cranial nerve's function or quality of life (evidence level II, recommendation grade B)</li> <li>• Хирургия — не рекомендуется (уровень доказательности III, уровень рекомендации C) Surgery is not recommended (evidence level III, recommendation grade C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиохирургия — метод выбора, поскольку обладает лучшим уровнем сохранения слуха и меньшим риском развития пареза лица, чем микрохирургия (уровень рекомендации C) Radiosurgery is the method of choice because it has better hearing preservation and less risk of facial paresis than microsurgery (recommendation grade C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наблюдение — метод выбора (уровень доказательности III, уровень рекомендации C) Follow-up is the method of choice (evidence grade III, recommendation grade C)</li> <li>• Радиохирургия или хирургия имеют низкий риск повреждения лицевого нерва и могут обеспечить долгосрочный контроль роста опухоли или излечение соответственно, но учитывая большую безопасность радиохирургии, она предпочтительнее, если как основная цель лечения рассматривается контроль роста опухоли (уровень доказательности II; уровень рекомендации B) Radiosurgery or surgery has low risk of damage to the facial nerve and can provide long-term tumor growth control or cure, respectively; however, given the greater safety, radiosurgery is preferred if tumor growth control is considered the primary treatment goal (evidence level II, recommendation grade B)</li> </ul>

Основные риск-факторы нарушения слуха при динамическом наблюдении — непосредственное разрушение слуховых волокон в результате роста опухоли и опосредованное их повреждение за счет повышения интрамеатального давления в результате тампонады опухолью внутреннего слухового прохода. После СРХ важными факторами являются выраженность и продолжительность ПП, на фоне которой не только повышается интрамеатальное давление, но и возрастает

уровень протеинов в эндолимфатической жидкости кортиева органа (улитки внутреннего уха), что приводит к увеличению ее вязкости. Также к факторам риска относятся превышение краевой дозы на опухоль >13 Гр и превышение средней дозы на кортиев орган >4,2 Гр [31–34].

Традиционно при описании ВШ используют 2 основные классификации: по I.V. Koos, в основу которой положен максимальный размер опухоли, и по M. Samii,



**Рис. 3.** Классификация вестибулярных шванном (ВШ) по Т. Hasegawa и соавт.: а – интрамеатальные ВШ (тип А); б – ВШ, распространяющиеся в мостомозжечковую цистерну, но без компрессии ствола мозга (тип В); в – ВШ с компрессией ствола мозга, но без деформации IV желудочка (тип С); г – ВШ с компрессией ствола мозга и деформацией просвета IV желудочка (тип D)

**Fig. 3.** Classification of vestibular schwannomas (VS) according to T. Hasegawa et al.: a – intrameatal VS (type A); б – VS extending into the pontocerebellar cistern, but without brainstem compression (type B); в – VS with brainstem compression, but without deformation of the 4<sup>th</sup> ventricle (type C); г – VS with brainstem compression and deformation of the 4<sup>th</sup> ventricle (type D)

основанную на визуальной оценке отношения ВШ к стволу мозга по данным МРТ. Т. Hasegawa и соавт. (2013) использовали собственную классификацию ВШ, которая по сути представляет собой упрощенный вариант оценки по М. Samii, объединяя в группу В сразу 3 стадии по М. Samii: Т2, Т3а и Т3б (рис. 3) [35].

По данным этих авторов, в зависимости от типа опухоли выживаемость без прогрессии в течение  $\geq 10$  лет составляет 100 % при опухолях типа А, 95 % – при опухолях типа В, 92 % – при опухолях типа С и 76 % – при опухолях типа D. Контроль роста опухолей типа D значительно хуже по сравнению с опухолями типа С ( $p = 0,004$ ), тогда как достоверной разницы между опухолями типов В и С нет ( $p = 0,33$ ). Контроль роста ВШ типа D значительно хуже по сравнению с объединенной группой А, В и С ( $p < 0,0001$ ). Представляется, что классификация Т. Hasegawa и соавт., которая не нашла широкого применения, тем не менее является удобной именно в радиохирургической практике, так как с точки зрения радиохирургии нет разницы ни в определении показаний к лечению, ни в контроле роста ВШ внутри групп В и С, а также отсутствуют технические различия в проведении СРХ [35].

Отдаленные результаты контроля роста ВШ на протяжении  $\geq 9$  лет наблюдения неоднократно описаны в литературе. Эти показатели оставляют 88–100 % и сопоставимы с результатами длительного ( $>15$  лет) наблюдения после хирургического удаления (табл. 4) [36–41].

Кроме контроля роста принципиально важное значение имеет максимальное сохранение функции нервов мостомозжечковой группы (V, VII и VIII), наиболее часто вовлеченных в опухолевый процесс. Ретроспективные исследования показали существенное преимущество СРХ не только в сохранении функции лицевого нерва, но и в достижении сохранности функционального слуха. Тройничный нерв наименее подвержен риску постлучевой дисфункции (см. табл. 4).

По данным метаанализа, проведенного М. L. Carlson и соавт. (2018), в краткосрочной перспективе (2 года) СРХ обеспечивает высокую вероятность ( $>75$ –100 %) сохранения функционального слуха и умеренно высокую вероятность ( $>50$ –70 %) общего сохранения слуха. В среднесрочной перспективе (5 лет) сохранение функционального слуха, так же как и общее сохранение слуха, имеют умеренно высокую вероятность ( $>50$ –70 %). Эти результаты заметно лучше функциональных исходов хирургического удаления ВШ малого и среднего размеров. При длительности наблюдения 10 лет сохранность функционального слуха и общая сохранность слуха после СРХ имеют умеренно низкую вероятность ( $>25$ –50 %) (табл. 5). Во всех случаях прогностически благоприятным фактором является исходно хороший предоперационный порог распознавания речи и/или чистых тонов [42].

Известно, что функциональные исходы, прежде всего для VII и VIII пар черепных нервов, существенно хуже при тотальном удалении ВШ большого размера, чем при субтотальной резекции [43–45]. Однако субтотальное удаление связано с более высоким риском продолженного роста остаточной опухоли (табл. 6) [46].

В свою очередь широкое применение СРХ при лечении крупных ВШ (Koos IV, Samii T4, Hasegawa D), исходно вызывающих сдавление ствола мозга и IV желудочка, как правило, ограничено риском развития постлучевой ПП на фоне недостаточности резервных ликворных пространств в задней черепной ямке, что может приводить к клинически значимой компрессии ствола и мозжечка, в некоторых случаях – к окклюзионной гидроцефалии с развитием внутричерепной гипертензии и ухудшением состояния пациента. Указанные недостатки обоих методов лечения в настоящее время компенсируются проведением комбинированного лечения: частичным хирургическим (интракапсулярным) удалением опухоли, достаточным для устранения масс-эффекта и обеспечения сохранности лицевого нерва, с последующей СРХ остаточной части опухоли [47].

С учетом того, что ПП наблюдается не у всех пациентов, возможна и противоположная тактика лечения крупных ВШ, когда сначала проводится СРХ. В этом случае имеется вероятность ( $>50$  %), что опухоль уменьшится либо минув стадию ПП, либо с незначительным увеличением и бессимптомным

**Таблица 4.** Сравнение показателей контроля роста вестибулярных шванном и отдаленных функциональных результатов при хирургическом и радиохирургическом лечении  
**Table 4.** Comparison of growth control rates of vestibular schwannomas and long-term functional results in microsurgical and radiosurgical treatment

Авторы, год Authors, year	Вид лечения Treatment	Число пациен- тов, n Number of patients, n	Средний объем опухоли, см <sup>3</sup> Average tumor volume, cm <sup>3</sup>	Доза по краю опу- холи, Гр Dose to tumor margin, Gy	Период наблюдения, лет Observation period, years	Улучшение слуха, % Hearing improvement, %	Сохранность слуха, % Hearing preservation, %	Сохранность функциональ- ного слу- ха, % Functional hearing preservation, %	Сохран- ность мимики, % Mimicry preservation, %	Сохран- ность чувст- вительнос- ти, % Sensation preservation, %	Контроль роста опухо- ли, % Tumor growth control, %
M.E. Sughrie и соавт., 2010 [36] M.E. Sughrie et al., 2010 [36]	МХ MS	204	н. д. n. d.	–	15	н. д. n. d.	44–68	н. д. n. d.	52–76	н. д. n. d.	89
W.Y. Chung и соавт., 2005 [37] W.Y. Chung et al., 2005 [37]	ГН GK	195	4,1	11–18,2	10	н. д. n. d.	н. д. n. d.	60	99,9	99,9	93,6
L.D. Lunsford и соавт., 2005 [38] L.D. Lunsford et al., 2005 [38]	ГН GK	869	2,5	12–13	>10	1,5	70,3	78,6	100	95,6	98
T. Hasegawa и соавт., 2013 [35] T. Hasegawa et al., 2013 [35]	ГН GK	440	2,8	10–18	>10	н. д. n. d.	34	н. д. n. d.	97	99,9	92
S. Watanabe и соавт., 2016 [40] S. Watanabe et al., 2016 [40]	ГН GK	183	2,0	8,8–15	>9	н. д. n. d.	н. д. n. d.	35	99	н. д. n. d.	88
P. Anselmo и соавт., 2020 [41] P. Anselmo et al., 2020 [41]	ЛЮЭ Linac	48	1,7	13–20	12	н. д. n. d.	н. д. n. d.	91	89	90	100

**Примечание.** МХ – микрохирургия; ГН – «Гамма-нож»; ЛЮЭ – линейный ускоритель электронов; н. д. – нет данных.  
**Note.** MS – microsurgery; GK – Gamma Knife; Linac – linear accelerator; n. d. – no data available.

**Таблица 5.** Сравнение результатов сохранения слуховой функции при динамическом наблюдении, хирургическом и радиохирургическом лечении вестибулярных шванном (по данным M. L. Carlson и соавт., 2018 [42])**Table 5.** Comparison of hearing function preservation results with follow-up, microsurgical and radiosurgical treatment of vestibular schwannomas (according to M. L. Carlson et al., 2018 [42])

Показатель Parameter	Динамическое наблюдение Follow-up	Хирургия Surgery	Радиохирургия Radiosurgery
Общая вероятность сохранения функционального слуха Overall probability of functional hearing preservation	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 года: высокая (&gt;75–100 %) 2 years: high (&gt;75–100 %)</li> <li>5 лет: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 5 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>10 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 10 years: moderate low (&gt;25–50 %)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>после операции: умеренно низкая (&gt;25–50 %) after surgery: moderately low probability (&gt;25–50 %)</li> <li>2 года: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 2 years: moderate low (&gt;25–50 %)</li> <li>5 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 5 years: moderate low (&gt;25–50 %)</li> <li>10 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 10 years: moderate low (&gt;25–50 %) (только для опухолей малого и среднего размера) (for small/medium sized tumors only)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 года: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 2 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>5 лет: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 5 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>10 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 10 years: moderate low (&gt;25–50 %)</li> </ul>
Общая вероятность сохранения функционального слуха среди пациентов с исходным слухом по ААО-HNS класса А или по GR класса I Probability of functional hearing preservation among patients with baseline hearing loss AAO-HNS class A or GR class I	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 года: высокая (&gt;75–100 %) 2 years: high (&gt;75–100 %)</li> <li>5 лет: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 5 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>10 лет: недостаточно данных для определения вероятности 10 years: insufficient data to define the parameter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>после операции: умеренно высокая (&gt;50–75 %) after surgery: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>2 года: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 2 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>5 лет: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 5 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>10 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 10 years: moderate low (&gt;25–50 %) (только для опухолей малого и среднего размера) (for small/medium sized tumors only)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 года: высокая (&gt;75–100 %) 2 years: high (&gt;75–100 %)</li> <li>5 лет: умеренно высокая (&gt;50–75 %) 5 years: moderate high (&gt;50–75 %)</li> <li>10 лет: умеренно низкая (&gt;25–50 %) 10 years: moderate low (&gt;25–50 %)</li> </ul>

**Примечание.** ААО-HNS – классификация Американской академии отоларингологии – хирургии головы и шеи (American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery); GR – классификация Gardner–Robertson.

**Note.** AAO-HNS – classification of the American Academy of Otolaryngology – Head and Neck Surgery; GR – Gardner–Robertson classification.

**Таблица 6.** Контроль роста вестибулярных шванном (ВШ) после тотального и субтотального удаления (по данным H. Nakatomi и соавт., 2017 [46]), %**Table 6.** Growth control rates of vestibular schwannomas (VS) after total and subtotal removal (according to H. Nakatomi et al., 2017 [46]), %

Радикальность удаления Removal radicality	Контроль роста ВШ по периодам наблюдения, % Growth control rates of VS by period of observation, %			
	5 лет 5 years	10 лет 5 years	15 лет 5 years	20 лет 5 years
Тотальное Total	96	82	73	56
Субтотальное Subtotal	47	17	8	–

течением ПП. При этом СРХ крупных ВШ демонстрирует стабильно высокий уровень сохранности функции лицевого нерва, а также высокие шансы на сохранение функционального слуха (табл. 7) [48–53].

Контроль роста при СРХ крупных ВШ составляет от 84 до 98,3 %. Хирургическое удаление показано только при развитии грубых симптомов мозжечковой атаксии и повышенного внутричерепного давления, связанных с ПП. При этом решение об операции должно быть тщательно обосновано, поскольку постлучевое увеличение регрессирует естественным образом, а сама резекция должна быть ограничена субтоталь-

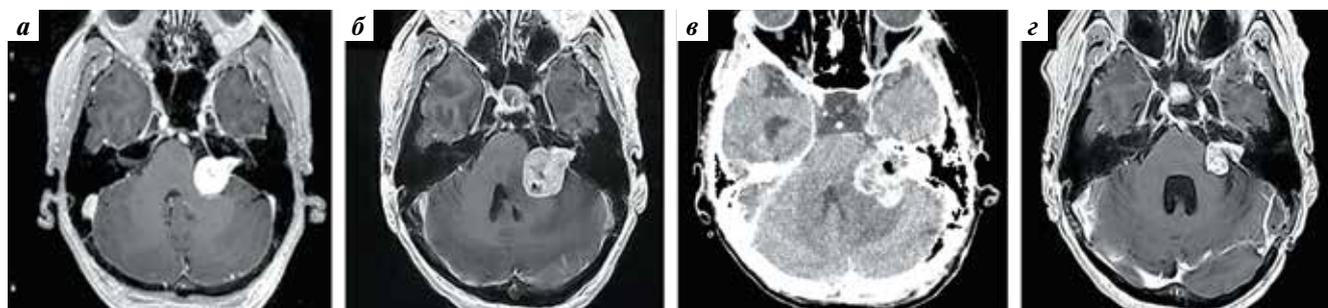
ным удалением для максимальной функциональной сохранности (рис. 4) [21, 54–57].

В целом даже многократное увеличение объема ВШ после СРХ, протекающее бессимптомно, не служит показанием к хирургическому лечению, однако требует продолжения динамического наблюдения. L. F. Li и соавт. (2020) описали случай длительного наблюдения пациентки с исходно относительно небольшой (8 см<sup>3</sup>) ВШ, которая через 2 года после СРХ увеличилась на 161 % (до 20,9 см<sup>3</sup>), но без значимого ухудшения неврологического статуса. Последующее наблюдение (в течение 19 лет) показало сначала

Таблица 7. Результаты радиохирургического лечения крупных вестибулярных шванном

Table 7. Radiosurgical treatment results for large vestibular schwannomas

Авторы, год Authors, year	Количество наблюдений, n Number of observations, n	Медиана наблюдения, мес Median follow-up, months	Контроль роста опухоли (уменьшение), % Tumor growth control (shrinkage), %	Сохранность функционального слуха, % Functional hearing preservation, %	Сохранность функции лицевого нерва, % Facial nerve function preservation, %
W.-Y. Chung и соавт., 2010 [48] W.-Y. Chung et al., 2010 [48]	21	53	90,5	—	100
R. van de Langenberg и соавт., 2011 [49] R. van de Langenberg et al., 2011 [49]	33	30	88,0	58	91
M. Bailo и соавт., 2016 [50] M. Bailo et al., 2016 [50]	59	74	98,3 (86,4)	—	94,9
M. Lefranc и соавт., 2018 [51] M. Lefranc et al., 2018 [51]	86	79	90,7 (70,0)	65,8	100
S. Watanabe и соавт., 2019 [52] S. Watanabe и соавт., 2019 [52]	30	98	84,0 (72,0)	0	100
D. Stastna и соавт., 2021 [53] D. Stastna и соавт., 2021 [53]	73	66	87,7 (83,6)	55	95,9



**Рис. 4.** Данные магнитно-резонансной и спиральной компьютерной томографии, свидетельствующие об эффективности и безопасности частичного удаления опухоли на фоне выраженной постлучевой псевдопрогрессии: а – вестибулярная шваннома на момент проведения стереотаксической радиохирургии (СРХ): объем опухоли 6,2 см<sup>3</sup> (тугоухость II степени, 1 балл по шкале Хауса–Брекманна); б – через 20 мес после СРХ: объем опухоли 11,0 см<sup>3</sup> (тугоухость III степени, 1 балл по шкале Хауса–Брекманна, перифокальный отек, гидроцефалия); в – через 24 мес после СРХ, частичного удаления опухоли и вентрикуло-перитонеального шунтирования: объем опухоли 9,8 см<sup>3</sup>; г – 11 мес после операции: объем образования 2,8 см<sup>3</sup> (тугоухость III степени, 1 балл по шкале Хауса–Брекманна, регресс гидроцефалии)

**Fig. 4.** Magnetic resonance and spiral computed tomography data indicating the efficacy and safety of partial tumor resection against the background of severe post-radiation pseudoprogression: а – vestibular schwannoma at the time of stereotactic radiosurgery (SRS): tumor volume 6.2 cm<sup>3</sup> (hearing loss 2 stage, House–Breckmann grade 1); б – 20 months after SRS: tumor volume 11.0 cm<sup>3</sup> (hearing loss 3 grade, House–Breckmann grade 1, perifocal edema, hydrocephalus); в – 24 months after SRS, partial tumor removal and ventriculo-peritoneal bypass: tumor volume 9.8 cm<sup>3</sup>; г – 11 months after surgery: significant tumor reduction – 2.8 cm<sup>3</sup> (hearing loss 3 grade, House–Breckmann grade 1, regression of edema and hydrocephalus)

уменьшение объема ВШ до 1,0 см<sup>3</sup>, что равнялось 12,5 % объема опухоли до лечения или 4,8 % пикового объема опухоли после лечения, а затем и стабильный контроль опухоли. Авторы сделали вывод, что на фоне бессимптомного течения ПП следует избегать преждевременных решений о хирургическом удалении образования после облучения, так как опухоль может в дальнейшем значительно уменьшиться самостоятельно [58].

### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Неоспоримым преимуществом СРХ ВШ является отсутствие необходимости в длительной госпитализа-

ции, анестезиологическом сопровождении, послеоперационной реанимации и последующей реабилитации. Все это минимизирует физическую и социальную дезадаптацию пациентов, способствуя максимально быстрому возвращению пациентов к повседневной бытовой и профессиональной активности. В настоящее время однофракционная СРХ ВШ проводится в режиме однодневного стационарирования, что примерно в 8–10 раз короче обычных сроков госпитализации при хирургическом лечении. По данным J. Regis и соавт. (2002), среднее время вынужденного отсутствия на работе после СРХ было примерно в 20 раз короче, чем после операции (7 дней против 130 дней),

при этом к профессиональной активности вернулись 100 % пациентов после радиохирургии и только 56 % — после хирургического вмешательства [59]. O. Berkowicz и соавт. (2017) по результатам опроса пациентов с ВШ, перенесших СРХ (аппарат «Гамма-нож»), в среднем через 5 лет после вмешательства, выяснили, что 91,1 % пациентов удовлетворены функциональным результатом и уровнем своей повседневной активности, а 96,8 % готовы рекомендовать данный вид лечения своим родным и друзьям в случае диагностирования у них такой опухоли [60]. Все вышесказанное объясняет тот факт, что себестоимость лечения ВШ радиохирургическим методом примерно в 1,8 раза ниже, чем традиционным хирургическим путем [61].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стереотаксическая радиохирургия ВШ — методика лечения, берущая начало в середине XX в. и получившая обоснованную популярность по мере своего раз-

вития. Данный метод находится на стыке нескольких клинических специальностей и вобрал в себя наиболее полезные их характеристики: от нейрорадиологии — детальную анатомическую визуализацию внутричерепных структур; от нейрохирургии — точность и «деликатность» воздействия; от радиационной терапии — высокую эффективность и безопасность. Накопленный в течение десятилетий опыт применения позволил оптимизировать дозы облучения ВШ, изучить особенности постлучевых микро- и макроструктурных изменений и их влияние на клиническое течение, разработать рекомендации по СРХ ВШ различного размера. Все это способствует высокой результативности и безопасности лечения пациентов с данной патологией и наряду с легкой переносимостью и минимальными сроками госпитализации определяет меньшую себестоимость данного лечения в сравнении с традиционным хирургическим подходом и значительный социально-экономический эффект.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Caye-Thomasen P., Stangerup S.-E. Epidemiology of vestibular schwannoma. In: *Comprehensive management of vestibular schwannoma*. Ed. by M.L. Carlson. NY: Thieme, 2019. Pp. 14–17. DOI: 10.1055/b-0039-169179
- Stangerup S.-E., Caye-Thomasen P. Epidemiology and natural history of vestibular schwannomas. *Otolaryngol Clin N Am* 2012;45(2):257–68, vii. DOI: 10.1016/j.otc.2011.12.008
- Leksell L. A note on the treatment of acoustic tumors. *Acta Chir Scand* 1971;137(8):763–5.
- Faramand A., Lunsford L.D., Regis J., Liscak R. Gamma Knife radiosurgery: a review of epidemiology and practice. 2020. Available at: <https://www.elekta.com/medical-affairs/bibliographies/LGKS%20Review%20of%20epidemiology.pdf>.
- Lindquist C. Gamma Knife surgery: evolution and long-term results. In: *Radiosurgery 1999*. Ed. by D. Kondziolka, S. Karger. Vol. 3. Basel: Karger, 2000. Pp. 1–12.
- Костюченко В.В. История стереотаксиса и радиохирургии. В кн.: *Нейрорадиохирургия на Гамма-ноже*. Под ред. В.В. Костюченко, А.В. Голанова. М.: Т.А. Алексеева, 2018. С. 41–173. Kostuchenko V.V. History of stereotaxy and radiosurgery. In: *Neuroradiosurgery with Gamma knife*. Ed. by V.V. Kostjuchenko, A.V. Golanov. Moscow: T.A. Aleskeeva, 2018. Pp. 41–173. (In Russ.).
- Annual treatment statistics. Leksell Gamma Knife Society. Available at: [https://www.lgksociety.com/fileadmin/groups/1/Documents/Treatment\\_Statistics/2020/1968-2020\\_Treatment\\_Report.pdf](https://www.lgksociety.com/fileadmin/groups/1/Documents/Treatment_Statistics/2020/1968-2020_Treatment_Report.pdf)
- Linskey M.E., Martinez A.J., Kondziolka D. et al. The radiobiology of human acoustic schwannoma xenografts after stereotactic radiosurgery evaluated in the subrenal capsule of athymic mice. *J Neurosurg* 1993;78(4):645–53. DOI: 10.3171/jns.1993.78.4.645
- Szeifert G.T., Figarella-Branger D., Roche P.-H., Régis J. Histopathological observations on vestibular schwannomas after Gamma Knife radiosurgery: the Marseille experience. *Neurochirurgie* 2004;50(2–3 Pt 2):327–37.
- Lee D.J., Westra W.H., Staecker H. et al. Clinical and histopathologic features of recurrent vestibular schwannoma (acoustic neuroma) after stereotactic radiosurgery. *Otol Neurotol* 2003;24(4):650–60; discussion 660. DOI: 10.1097/00129492-200307000-00020
- Шиманский В.Н., Одаманов Д.А., Рыжова М.В. и др. Морфологические изменения в невриноме слухового нерва после радиологического лечения: опыт ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко». *Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии* 2018;18(2):1–20. Shimanskiy V.N., Odamanov D.A., Ryzhova M.V. et al. Morphological changes in acoustic neuromas after radiological treatment: experience of the N.N. Burdenko National Medical Center of Neurosurgery. *Vestnik Rossiyskogo nauchnogo tsentra rentgenoradiologii = Bulletin of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology* 2018;18(2):1–20. (In Russ.).
- Link M.J., Pollock B.E., Carlson M.L., Foote M.R. Gamma knife radiosurgery for treatment of sporadic vestibular schwannoma. In: *Comprehensive management of vestibular schwannoma*. Ed. by M.L. Carlson. NY: Thieme, 2019. Pp. 91–101. DOI: 10.1055/b-0039-169179
- Kubicky C.D., Chan L.W., Tsuji S.Y. Central Nervous System. In: *Handbook of Evidence-Based Radiation Oncology*. Ed. by E.K. Hansen, M. Roach. NY: Springer, 2010. Pp. 29–75. DOI: 10.1007/978-0-387-92988-0
- Голанов А.В., Банов С.В., Ветлова Е.Р. и др. Опухоли центральной нервной системы. В кн.: *Терапевтическая радиология*. Под ред. А.Д. Каприна, Ю.С. Мардынского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. Доступно по: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970446584.html>
- Golanov A.V., Banov S.M., Vetlova E.R. et al. Central nervous system tumors. In: *Therapeutic radiology*. Ed. by A.D. Kaprin, Yu.S. Mardynskiy. Moscow: GEOTAR-Media, 2018. (In Russ.). Available at: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970446584.html>
- Raleigh D.R., Barani I.J., Sneed P. Intracranial tumors. In: *Handbook of evidence-based stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiotherapy*. Ed. by R.A. Sethi, I.J. Barani, D.A. Larson, M. Roach 3<sup>rd</sup>. Springer, 2016. Pp. 41–79. DOI: 10.1007/978-3-319-21897-7
- Myrseth E., Møller P., Pedersen P.-H., Lund-Johansen M. Vestibular schwannoma: surgery or gamma knife radiosurgery? A prospective, nonrandomized study. *Neurosurgery* 2009;64(4):654–61; discussion 661–3. DOI: 10.1227/01.NEU.0000340684.60443.55

17. Костюченко В.В. Дозиметрическое планирование ПХГН. В кн.: Нейрорадиохирургия на Гамма-ноже. Под ред. В.В. Костюченко, А.В. Голанова М., 2018. С. 351–434. Kostuchenko V.V. GKRS dosimetric planning. In: *Neuroradiosurgery with Gamma knife*. Ed. by V.V. Kostjuchenko, A.V. Golanov. Moscow, 2018. Pp. 351–434. (In Russ.).
18. Pollock B.E. Management of vestibular schwannomas that enlarge after stereotactic radiosurgery: treatment recommendations based on a 15 year experience. *Neurosurgery* 2006;58(2):241–8; discussion 241–8. DOI: 10.1227/01.NEU.0000194833.66593.8B
19. Kondziolka D., Lunsford L.D., McLaughlin M.R., Flickinger J.C. Long-term outcomes after radiosurgery for acoustic neuromas. *New Engl J Med* 1998;339(20):1426–33. DOI: 10.1056/nejm19981123392003
20. Delsanti C., Roche P.-H., Thomassin J.-M., Régis J. Morphological changes of vestibular schwannomas after radiosurgical treatment: pitfalls and diagnosis of failure. *Prog Neurol Surg* 2008;21:93–7. DOI: 10.1159/000156712
21. Шиманский В.Н., Одаманов Д.А., Рыжова М.В. и др. Хирургическая тактика при удалении вестибулярных шванном после стереотаксического радиологического лечения. Результаты операций и морфологические изменения в опухолях после облучения. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко 2018;82(6):38–52. DOI: 10.17116/neiro20188206138 Shimanskiy V.N., Odamanov D.A., Ryzhova M.V. et al. Surgical approach to resection of vestibular schwannomas following stereotactic radiological treatment. Surgical outcomes and morphological changes in tumors after radiotherapy. *Zhurnal Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2018;82(6):38–52. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20188206138
22. Lee H.-J., Kim M.J., Koh S.H. et al. Comparing outcomes following salvage microsurgery in vestibular schwannoma patients failing Gamma-knife radiosurgery or microsurgery. *Otol Neurotol* 2017;38(9):1339–44. DOI: 10.1097/MAO.0000000000001536
23. Régis J., Delsanti C., Roche P.-H. Editorial: Vestibular schwannoma radiosurgery: progression or pseudoprogression? *J Neurosurg* 2017;127(2):374–9. DOI: 10.3171/2016.7.JNS161236
24. Breshears J.D., Chang J., Molinaro A.M. et al. Temporal dynamics of pseudoprogression after Gamma Knife radiosurgery for vestibular schwannomas – a retrospective volumetric study. *Neurosurgery* 2019;84(1):123–31. DOI: 10.1093/neuros/nyy019
25. Ильялов С.Р., Банов С.М., Голанов А.В., Усачев Д.Ю. Радиохирургия вестибулярных шванном: динамика ближайших и отдаленных послучевых изменений и контроль опухолевого роста. Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко» 2022;86(2):55–63. DOI: 10.17116/neiro20228602155 Ilyalov S.R., Banov S.M., Golanov A.V., Usachev D.Yu. Stereotactic radiosurgery for vestibular schwannoma: early and long-term radiation-induced changes and tumor growth control. *Zhurnal Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2022;86(2):55–63. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20228602155
26. Frisch C.D., Jacob J.T., Carlson M.L. et al. Stereotactic radiosurgery for cystic vestibular schwannomas. *Neurosurgery* 2017;80(1):112–8. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001376
27. Klijn S., Verheul J.B., Beute G.N. et al. Gamma Knife radiosurgery for vestibular schwannomas: evaluation of tumor control and its predictors in a large patient cohort in The Netherlands. *J Neurosurg* 2016;124(6):1619–26. DOI: 10.3171/2015.4.JNS142415
28. Goldbrunner R., Weller M., Régis J. et al. EANO guideline on the diagnosis and treatment of vestibular schwannoma. *Neuro Oncol* 2020;22(1):31–45. DOI: 10.1093/neuonc/noz153
29. Breivik C.N., Nilsen R.M., Myrseth E. et al. Conservative management or gamma knife radiosurgery for vestibular schwannoma: tumor growth, symptoms, and quality of life. *Neurosurgery* 2013;73(1):48–56; discussion 56–7. DOI: 10.1227/01.neu.0000429862.50018.b9
30. Régis J., Carron R., Park M.C. et al. Wait-and-see strategy compared with proactive Gamma Knife surgery in patients with intracranial vestibular schwannomas. *J Neurosurg* 2010;113 Suppl:105–11. DOI: 10.3171/2010.8.gks101058
31. Han J.H., Kim D.G., Chung H.-T. et al. Hearing outcomes after stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: mechanism of hearing loss and how to preserve hearing. *Adv Tech Stand Neurosurg* 2016;43:3–36. DOI: 10.1007/978-3-319-21359-0\_1
32. Baschnagel A.M., Chen P.Y., Bojrab D. et al. Hearing preservation in patients with vestibular schwannoma treated with Gamma Knife surgery. *J Neurosurg* 2013;118(3):571–8. DOI: 10.3171/2012.10.JNS12880
33. Hasegawa T., Kida Y., Kato T. et al. Factors associated with hearing preservation after Gamma Knife surgery for vestibular schwannomas in patients who retain serviceable hearing. *J Neurosurg* 2011;115(6):1078–86. DOI: 10.3171/2011.7.JNS11749
34. Kano H., Kondziolka D., Khan A. et al. Predictors of hearing preservation after stereotactic radiosurgery for acoustic neuroma. *J Neurosurg* 2009;111(4):863–73. DOI: 10.3171/2008.12.JNS08611
35. Hasegawa T., Kida Y., Kato T. et al. Long-term safety and efficacy of stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: evaluation of 440 patients more than 10 years after treatment with Gamma Knife surgery. *J Neurosurg* 2013;118(3):557–65. DOI: 10.3171/2012.10.JNS12523
36. Sughrue M.E., Kaur R., Rutkowski M.J. et al. A critical evaluation of vestibular schwannoma surgery for patients younger than 40 years of age. *Neurosurgery* 2010;67(6):1646–53; discussion 1653–4. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3181f8d3d3
37. Chung W.-Y., Liu K.-D., Shiau C.-Y. et al. Gamma knife surgery for vestibular schwannoma: 10-year experience of 195 cases. *J Neurosurg* 2005;102 Suppl:87–96. PMID: 15662787.
38. Lunsford L.D., Niranjan A., Flickinger J.C. et al. Radiosurgery of vestibular schwannomas: summary of experience in 829 cases. *J Neurosurg* 2005;102 Suppl:195–9.
39. Régis J., Carron R., Delsanti C. et al. Radiosurgery for vestibular schwannomas. *Neurosurg Clin N Am* 2013;24(4):521–30. DOI: 10.1016/j.nec.2013.06.002
40. Watanabe S., Yamamoto M., Kawabe T. et al. Stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas: average 10-year follow-up results focusing on long-term hearing preservation. *J Neurosurg* 2016;125(Suppl 1):64–72. DOI: 10.3171/2016.7.GKS161494
41. Anselmo P., Casale M., Arcidiacono F. et al. Twelve-year results of LINAC-based radiosurgery for vestibular schwannomas. *Strahlenther Onkol* 2020;196(1):40–7. DOI: 10.1007/s00066-019-01498-7
42. Carlson M.L., Vivas E.X., McCracken D.J. et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Hearing Preservation Outcomes in Patients with Sporadic Vestibular Schwannomas. *Neurosurgery* 2018;82(2):E35–9. DOI: 10.1093/neuros/nyx511
43. MacDonald B.V., Ren Y., Shahrvini B. et al. Delayed facial nerve palsy following resection of vestibular schwannoma: clinical and surgical characteristics. *Otol Neurotol* 2022;43(2):244–50. DOI: 10.1097/MAO.0000000000003392
44. Perkins E.L., Manzoor N.F., Totten D.J. et al. The influence of extent of resection and tumor morphology on facial nerve outcomes following vestibular schwannoma surgery. *Otol Neurotol* 2021;42(9):e1346–52. DOI: 10.1097/MAO.0000000000003253
45. Tawfik K.O., Alexander T.H., Saliba J. et al. Predicting long-term facial nerve outcomes after resection of vestibular schwannoma. *Otol Neurotol* 2020;41(10):e1328–32. DOI: 10.1097/MAO.0000000000002883
46. Nakatomi H., Jacob J.T., Carlson M.L. et al. Long-term risk of recurrence and regrowth after gross-total and subtotal resection of sporadic vestibular schwannoma. *J Neurosurg* 2017:1–7. DOI: 10.3171/2016.11.JNS16498
47. Iwai Y., Ishibashi K., Watanabe Y. et al. Functional preservation after planned partial resection followed by Gamma Knife radiosurgery for large vestibular schwannoma. *World Neurosurg* 2015;84(2):292–300. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.03.012
48. Chung W.-Y., Pan D. H.-C., Lee C.-C. et al. Large vestibular schwannomas treated by Gamma Knife surgery: long-term

- outcomes. *J Neurosurg* 2010;113 Suppl:112–21. DOI: 10.3171/2010.8.ghs10954
49. Van de Langenberg R., Hanssens P.E.J., Verheul J.B. et al. Management of large vestibular schwannoma. Part II. Primary Gamma Knife surgery: radiological and clinical aspect. *J Neurosurg* 2011;115(5):885–93. DOI: 10.3171/2011.6.JNS101963
50. Bailo M., Boari N., Franzin A. et al. Gamma Knife radiosurgery as primary treatment for large vestibular schwannomas: clinical results at long-term follow-up in a series of 59 patients. *World Neurosurg* 2016;95:487–501. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.07.117
51. Lefranc M., Da Roz L.M., Balossier A. et al. Place of Gamma Knife stereotactic radiosurgery in grade 4 vestibular schwannoma based on case series of 86 patients with long-term follow-up. *World Neurosurg* 2018;114:e1192–8. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.175
52. Watanabe S., Yamamoto M., Kawabe T. et al. Long-term follow-up results of stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas larger than 8 cc. *Acta Neurochirurg* 2019;161(7):1457–65. DOI: 10.1007/s00701-019-03951-z
53. Stastna D., Urgosik D., Chytka T., Liscak R. Large vestibular schwannomas: long-term outcomes after stereotactic radiosurgery. *Neuro Endocrinol Lett* 2021;41(6):329–38.
54. Iwai Y., Yamanaka K., Yamagata K., Yasui T. Surgery after radiosurgery for acoustic neuromas: surgical strategy and histological findings. *Neurosurgery* 2007;60(2 Suppl 1):75–82; discussion 82. DOI: 10.1227/01.NEU.0000249251.78794.45
55. Troude L., Boucekine M., Balossier A. et al. Is salvage surgery for large vestibular schwannomas after failed gamma knife radiosurgery more challenging? *Neurosurg Rev* 2022;45(1):751–61. DOI: 10.1007/s10143-021-01604-3
56. Whitmeyer M., Brahimaj B.C., Beer-Furlan A. et al. Resection of vestibular schwannomas after stereotactic radiosurgery: a systematic review. *J Neurosurg* 2020;135(3):881–9. DOI: 10.3171/2020.7.JNS2044
57. Hadjipanayis C.G., Carlson M.L., Link M.J. et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on Surgical Resection for the Treatment of Patients with Vestibular Schwannomas. *Neurosurgery* 2018;82(2):E40–3. DOI: 10.1093/neuros/nyx512
58. Li L.-F., Yu C.-P., Tsang A.C.-O. et al. Near-complete regression 19 years after Gamma Knife radiosurgery of vestibular schwannoma with massive pseudoprogression: case report. *J Neurosurg* 2020;134(5):1455–8. DOI: 10.3171/2020.3.JNS20389
59. Régis J., Pellet W., Delsanti C. et al. Functional outcome after gamma knife surgery or microsurgery for vestibular schwannomas. *J Neurosurg* 2002;97(5):1091–100. DOI: 10.3171/jns.2002.97.5.1091
60. Berkowitz O., Han Y.-Y., Talbott E.O. et al. Gamma Knife radiosurgery for vestibular schwannomas and quality of life evaluation. *Stereotact Funct Neurosurg* 2017;95(3):166–73. DOI: 10.1159/000472156
61. Caruso J.P., Moosa S., Fezeu F. et al. A cost comparative study of Gamma Knife radiosurgery versus open surgery for intracranial pathology. *J Clin Neurosci* 2015;22(1):184–8. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.08.012

**Вклад авторов**

С.Р. Ильялов: обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи, подготовка иллюстративного материала и таблиц;

А.В. Голанов: общее руководство работой;

С.М. Банов: обсуждение, редактирование текста статьи.

**Authors' contribution**

S.R. Ilyalov: a review of the literature on the topic of the article, article writing, preparation of illustrative material and tables;

A.V. Golanov: general supervision;

S.M. Banov: discussion, article editing.

**ORCID авторов / ORCID of authors'**

С.Р. Ильялов / S.R. Ilyalov: <https://orcid.org/0000-0002-1572-5798>

А.В. Голанов / A.V. Golanov: <https://orcid.org/0000-0002-0976-4547>

С.М. Банов / S.M. Banov: <https://orcid.org/0000-0002-6510-7883>

**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.

**Статья поступила:** 09.01.2023. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article received:** 09.01.2023. **Accepted for publication:** 24.01.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-123-129>

# ЗНАЧЕНИЕ ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИИ В НЕЙРОХИРУРГИИ

П.Г. Шнякин<sup>1,2</sup>, П.Г. Руденко<sup>1,2</sup>, Н.Д. Гасимова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>КГБУЗ «Краевая клиническая больница»; Россия, 660022 Красноярск, ул. Партизана Железняка, 3а;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; Россия, 660022 Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1

**Контакты:** Неля Дагларовна Гасимова [gasimova-nelich@mail.ru](mailto:gasimova-nelich@mail.ru)

Варианты нетипичного строения и расположения анатомических структур всегда усложняют ход оперативного доступа и приема и нередко являются причинами хирургических ошибок и осложнений. В статье представлен обзор некоторых особенностей вариантной анатомии в областях интереса нейрохирургов, в том числе приводящих к развитию интраоперационных проблем и послеоперационному неврологическому дефициту. Основной посыл статьи состоит не только в том, чтобы нейрохирурги планировали операцию с учетом индивидуальной анатомической изменчивости, начиная с формы черепа, но и в том, чтобы в случаях развития неблагоприятных периоперационных событий нетипичная анатомия учитывалась как объективный фактор риска и имела смягчающее значение при оценке работы нейрохирурга.

Цель работы – представление и анализ данных научных публикаций, а также собственных наблюдений по вариантной анатомии, определение ее роли в развитии операционных ошибок и осложнений в нейрохирургии.

**Ключевые слова:** вариантная анатомия, осложнения, ошибки, нейрохирургия

**Для цитирования:** Шнякин П.Г., Руденко П.Г., Гасимова Н.Д. Значение вариантной анатомии в нейрохирургии. Нейрохирургия 2024;26(1):123–9. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-123-129>

## The role of variant anatomy in neurosurgery

P.G. Shnyakin<sup>1,2</sup>, P.G. Rudenko<sup>1,2</sup>, N.D. Gasimova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital; 3a Partizana Zheleznyaka St., Krasnoyarsk 660022, Russia;

<sup>2</sup>V.F. Voyno-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Partizana Zheleznyaka St., Krasnoyarsk 1660022, Russia

**Contacts:** Nelya Daglarovna Gasimova [gasimova-nelich@mail.ru](mailto:gasimova-nelich@mail.ru)

Variants of atypical structure and location of anatomical structures always complicate the course of surgical access and admission and are often the causes of surgical errors and complications. This article presents an overview of some features of variant anatomy in areas of interest to neurosurgeons, including those leading to the development of intraoperative problems and postoperative neurological deficits.

The main message of the article is not only that neurosurgeons should plan surgery taking into account individual anatomical variability starting with the shape of the skull, but also that in cases of adverse perioperative events, atypical anatomy should be taken into account as an objective risk factor and have a mitigating value in the evaluation of the neurosurgeon's performance.

The aim of this paper is to present and analyse scientific publications on variant anatomy, determining its role in the development of surgical errors and complications in neurosurgery.

**Keywords:** variant anatomy, complications, errors, neurosurgery

**For citation:** Shnyakin P.G., Rudenko P.G., Gasimova N.D. The role of variant anatomy in neurosurgery. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2024;26(1):123–9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-123-129>

## ВВЕДЕНИЕ

Каждый человек имеет индивидуальную общую конституцию, соматотип, локальную конституцию органов и частей тела. Кроме того, встречаются варианты анатомической нормы, весьма непохожие на типовые случаи. Средний вариант анатомического строения, как правило представленный в учебных пособиях и анатомических атласах, встречается не чаще чем в 30 % случаев [1]. Неудивительно, что анатомическая изменчивость органов и систем человека является давним предметом исследований не только анатомов и морфологов, но и практических врачей, особенно хирургического профиля.

В Советском Союзе научной школой В.Н. Шевкуненко проведено комплексное исследование вариантов анатомического строения всех органов и систем человека [2]. Установлено, что анатомическая изменчивость характерна для всех структур, и, что особенно важно, это влияет на компенсаторные возможности как в условиях нормального функционирования, так и при развитии заболеваний.

Необычные варианты анатомического строения и расположения почти всегда усложняют работу хирурга, привыкшего к определенным топографо-анатомическим ориентирам, заставляют работать в нетипичных анатомических коридорах, а в некоторых случаях даже менять последовательность стандартного хода операции. Поэтому для хирургов анатомическая изменчивость всегда является вызовом, особенно когда это обнаруживается только на операции. Соответственно, каждый хирург обязан знать вариантную анатомию зоны хирургического интереса, тем более что в условиях патологии, с нарушением нормального расположения анатомических структур, это еще более увеличивает риск ошибочных действий.

**Цель работы** – представление и анализ данных научных публикаций, а также собственных наблюдений по вариантной анатомии, определение ее роли в развитии операционных ошибок и осложнений в нейрохирургии.

## ЗНАЧЕНИЕ ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИИ В НЕЙРОХИРУРГИИ

В некоторых учебных пособиях и научных публикациях крайние варианты анатомической нормы называют аномалиями строения, как, например, «вариант строения виллизиева круга» и «аномалия развития виллизиева круга». Не будем вдаваться в тонкости различий аномалии и крайних вариантов анатомического строения, так как по своей сути они весьма схожи, и главный их признак состоит в том, что нетипичное строение или расположение какой-то структуры не сопровождается нарушением функции, что отличает их от «пороков развития».

Для нейрохирургов изучение вопросов анатомической изменчивости начинается с формы черепа, ко-

торая определяет особенности расположения внутричерепных структур. В книге «Типовая анатомия человека» под редакцией В.Н. Шевкуненко описываются характеристики долихоцефалов, брахицефалов и мезоцефалов. Долихоцефалы характеризуются большим продольным и малым поперечным размерами черепа, брахицефалы – сравнительно большим размером поперечного диаметра и малым продольным, мезоцефалы имеют средние показатели между названными формами [2].

В исследовании Р.Н. Люньковой и В.В. Крылова (2014) изучались формы строения и расположения мозжечкового намета. Была выявлена тесная связь между выделенными 4 вариантами типа мозжечкового намета и формой черепа. По мнению авторов, некоторые формы строения существенно затрудняют выполнение стандартных доступов, изменяют углы операционной атаки и хирургические коридоры, что необходимо учитывать при планировании операции и выбирать наиболее оптимальные подходы с учетом вариантной анатомии [3].

По данным В.Г. Николаева и соавт. (2022), форма черепа влияет на глубину и расположение задней черепной ямки, что может иметь значение при развитии патологии. В исследовании было доказано, что среди акроцефалов (высокие и узкие формы головы) достоверно реже встречаются случаи сосудистых осложнений при удалении внемозговых опухолей задней черепной ямки по сравнению с пациентами с другими формами черепа [4].

В условиях патологии или ранее перенесенной операции при измененной анатомии и наличии рубцово-спаечных процессов имеющиеся варианты строения и расположения еще более затрудняют ориентацию в ране и повышают риск ятрогенных повреждений. S.E. Regenbogen и соавт. (2007) проанализировали более 200 судебных исков по поводу хирургических ошибок и выявили, что в 61 % случаев возникшие в ходе операции проблемы были связаны с неожиданными анатомическими особенностями, в том числе после перенесенной ранее операции [5].

Расположение, строение и зоны иннервации черепных и периферических нервов подвержены выраженной индивидуальной изменчивости. В нескольких исследованиях описан вариант поверхностного расположения подъязычного нерва рядом с яремной веной, что мало ожидаемо и может привести к его повреждению при операциях на шее [6–8]. При операциях в зоне сонного треугольника возможно повреждение блуждающего нерва, который имеет нетипичное расположение в 26 % случаев [9]. Операции в области ската и верхушки пирамиды могут осложняться повреждением отводящего нерва, который может быть представлен 2 или 3 отдельными ветвями [10, 11].

Синдром карпального канала является распространенной патологией и иногда требует оперативного

лечения. Варианты строения и расположения срединного нерва в запястном канале могут быть изменчивы. В исследовании М. F. Stancić и соавт. (1995) было показано, что типичное расположение срединного нерва в запястном канале встречается только в 47,7 % случаев [12]. Некоторыми авторами отмечены случаи удвоения срединного нерва в запястном канале [13, 14]. Все это — факторы риска как повреждения нерва, так и недостижения полноценной декомпрессии во время операции.

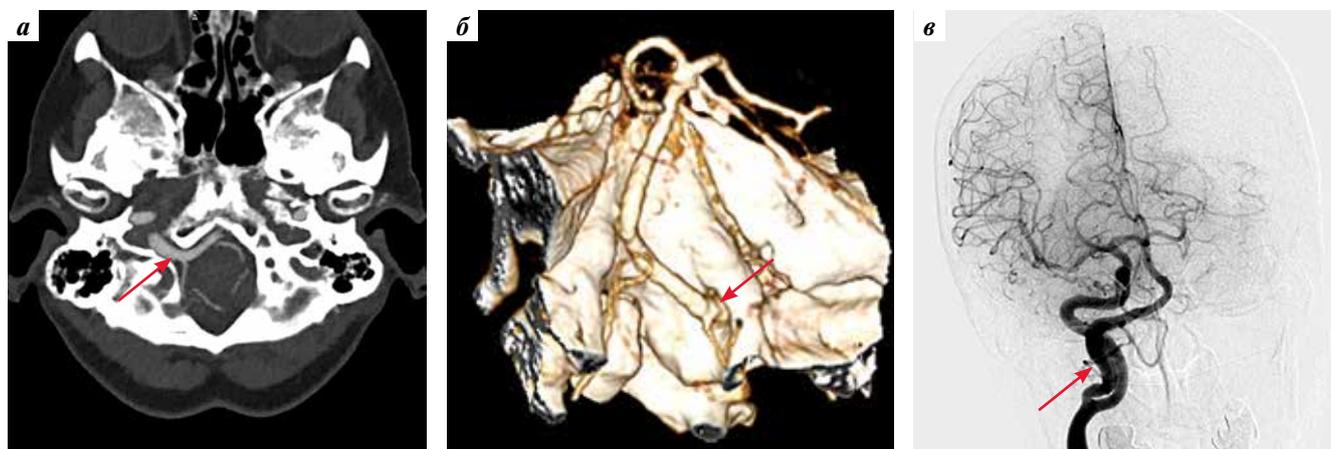
Повреждение плечевого сплетения характерно для ряда травм, и нейрохирургам нередко приходится оперировать первичные и вторичные стволы сплетения, выполнять невротиз или шов нерва. При этом варианты строения и нетипичного расположения ветвей плечевого сплетения, по данным V. Matejčík (2003), встречаются в 83,6 % случаев [15]. При гематоме или рубцово-спаечных процессах выраженная анатомическая изменчивость плечевого сплетения создает серьезные предпосылки для хирургических ошибок и осложнений.

Наибольшие сложности возникают при персистенции у взрослых анатомических структур, характерных для эмбрионального периода. Например, каротидно-verteбробазилярные анастомозы, которые функционируют в эмбриональном периоде и крайне редко встречаются у взрослых. Так, примитивная тригеминальная артерия встречается только у 0,1–0,6 % взрослых людей [16, 17]. Такой неожиданный вариант строения может привести к ошибочным действиям и стать причиной ятрогенного повреждения артерии при операции [16, 18]. Еще одним вариантом каротидно-verteбробазилярного анастомоза является примитивная подъязычная артерия, которая встречается у 0,03–0,26 % взрослых [19, 20] (рис. 1).

Описаны случаи ятрогенного повреждения этой персистирующей примитивной артерии при операциях на шее с развитием ишемических осложнений [21, 22]. В клиническом случае, представленном К. Kawamura и соавт. (2021), пациентке выполнялась каротидная эндартерэктомия, и использовался временный шунт, который мигрировал в персистирующую примитивную подъязычную артерию и вызвал ишемический инсульт [23].

Как уже было сказано, варианты анатомического строения определяют разные компенсаторные возможности и функциональные резервы. В одних случаях варианты строения могут длительно компенсировать проявление какой-то патологии или обеспечивать нормальное функционирование после деструктивных оперативных вмешательств. В других случаях варианты строения исходно определяют высокие риски развития патологии или вероятность осложнений при операции. Например, при наличии единой непарной передней мозговой артерии нарушение в ней кровотока (тромбоз, эмболия или стенозирование артерии при хирургическом выключении аневризмы) вызовет инфаркт в медиальных отделах обоих полушарий.

Варианты строения виллизиева круга едва ли не первыми приходят на ум при дискуссии об анатомической изменчивости в нейрохирургии. Оценка виллизиева круга, в том числе его замкнутости, вариантов отхождения и расположения артерий, является рутинной процедурой в сосудистой нейрохирургии. Типичное строение виллизиева круга встречается только в 30–40 % случаев, в остальных случаях отмечаются варианты отхождения сосудов, их удвоение, аплазии, гипоплазии и пр. [24, 25]. В 11,5 % случаев встречаются редкие варианты строения виллизиева круга [25].



**Рис. 1.** Примитивная подъязычная артерия (собственное клиническое наблюдение): а, б — мультиспиральная компьютерно-томографическая ангиография: стрелками указана примитивная подъязычная артерия, входящая в полость черепа через расширенное мыщелковое отверстие; в — церебральная ангиография: стрелкой указана примитивная подъязычная артерия, отходящая от внутренней сонной артерии

**Fig. 1.** Primitive sublingual artery (own clinical observation): а, б — multispiral computed angiography: the arrows indicate a primitive sublingual artery entering the cranial cavity through an enlarged condylar opening; в — cerebral angiography: the arrow indicates a primitive sublingual artery extending from the internal carotid artery

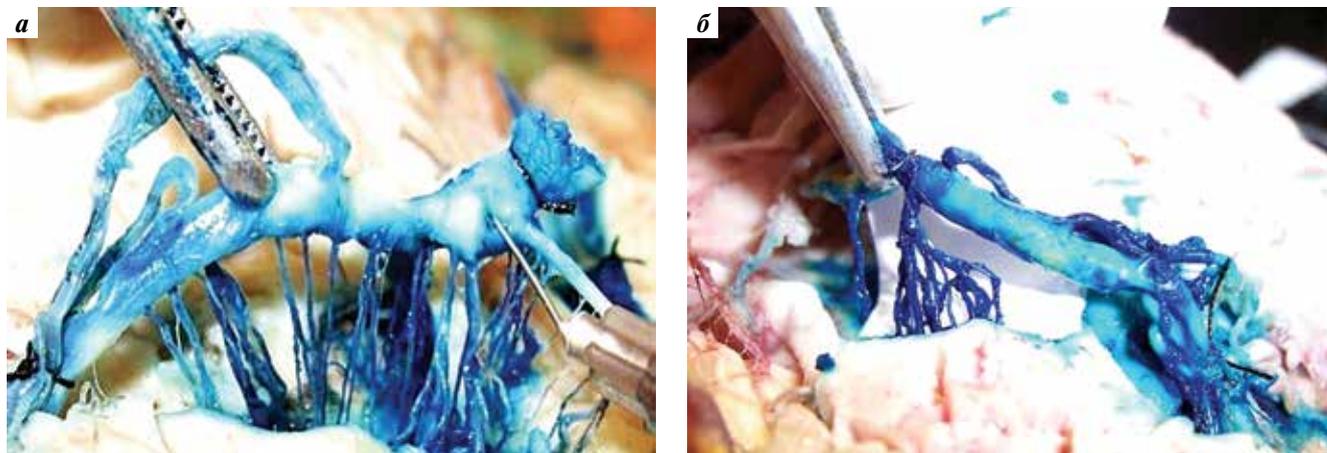


Рис. 2. Варианты строения лентикюстриарных артерий (собственный анатомический препарат): а – классический рассыпной вариант; б – пучковой

Fig. 2. Variants of the structure of the lenticulostriate arteries (own anatomical preparation): а – classic scattered; б – bundled

Венозная система головного мозга еще более изменчива по сравнению с артериальной и определяет возможности оттока крови в норме и патологии. Ряд нейрохирургических доступов сопровождается вынужденным жертвованием небольшими венами, что в большинстве случаев компенсируется и не приводит к развитию осложнений. Однако при некоторых вариантах строения даже небольшая вена может играть ключевую роль в системе оттока, и ее выключение может привести к венозному инфаркту.

Н. Nakase и соавт. (2005) описывают 8 клинических случаев венозного инфаркта после коагуляции небольших поверхностных вен, обычно не приводящих к таким осложнениям [26]. А. S. Jakola и соавт. (2013) сообщили о нескольких случаях развития инфаркта мозжечка после выключения мостиковых вен при супрацеререbellарном субтенториальном доступе [27].

Описаны варианты строения вены Денди, влияющие на зону венозного дренажа от структур мозжечка. При некоторых анатомических вариантах повреждение этой вены может вызвать обширный венозный инфаркт [28].

Современные возможности мультиспиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии с их ангиорежимами, а также более инвазивная церебральная ангиография помогают всесторонне оценить строение и расположение сосудистых структур. Тем не менее некоторые нюансы анатомии, а также зоны кровоснабжения и венозного оттока могут быть достоверно не определены.

На основании собственных анатомических исследований было установлено существование разных типов строения лентикюстриарных артерий (центральных перфорирующих ветвей средней мозговой артерии). Классически они представлены 3 группами артерий: медиальных с прямым ходом, промежуточных канделяброобразных и латеральных S-образных. Выявлен

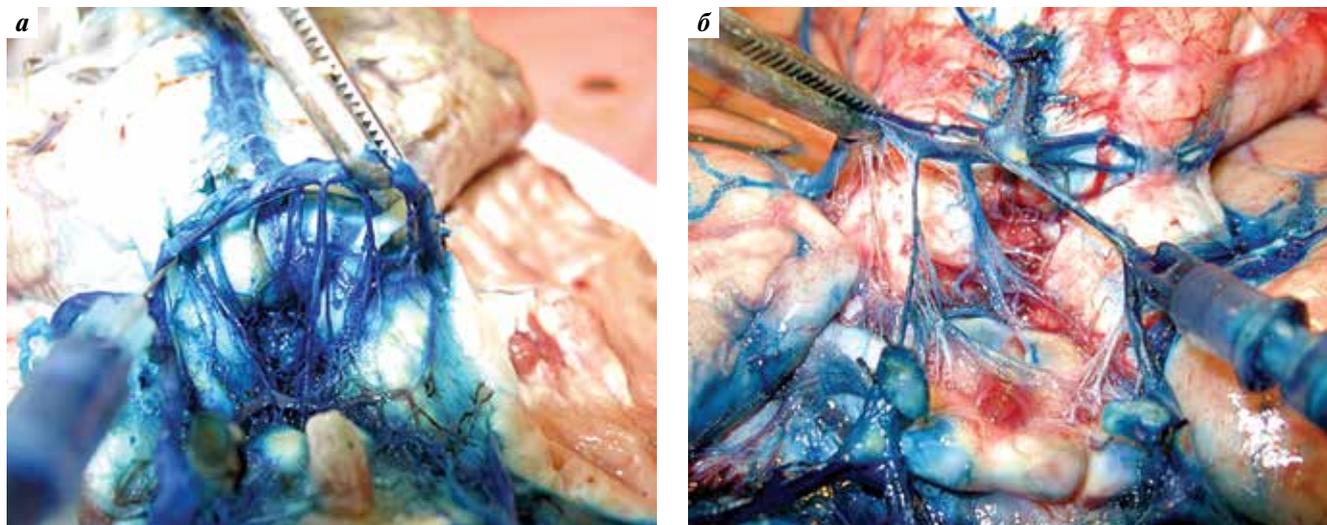
крайний вариант строения, при котором все лентикюстриарные артерии отходят от единого стволика [29, 30]. Стоит отметить, что прицельное исследование церебральных ангиограмм ни в одном случае не позволило выявить такой вариант строения. Только на анатомическом препарате, приподняв среднюю мозговую артерию, можно было обнаружить, что все стриарные веточки тянутся к единому стволу (рис. 2).

Такой вариант строения может иметь значение при хирургическом выключении аневризм М1-сегмента средней мозговой артерии, когда попадание в клипс или перегиб основного стволика, от которого отходят все стриарные ветви, приведет к обширному подкорковому инфаркту.

Центральные ветви Р1-сегмента задней мозговой артерии (задние таламоперфорирующие артерии) также могут быть представлены классическим вариантом строения и единым сосудом пучкового типа (артерия Першерона), при котором кровоснабжение медиальных отделов обоих зрительных бугров происходит из одной артерии (рис. 3). Артерия Першерона встречается в 11,7 % случаев [31].

L. Rangel-Castilla и соавт. (2009) представили случай эмболизации аневризмы верхушки базилярной артерии с вероятным выключением артерии Першерона, так как после операции у пациента сформировались двусторонние инфаркты в области таламуса и среднего мозга. Важно отметить, что при последующем прицельном просмотре ангиограмм они не выявили этот вариант строения и считают, что ангиография мало пригодна для верификации артерии Першерона [32]. L. V. Sannwald и соавт. (2022) доложили о повреждении артерии Першерона во время трансфеноидального вмешательства и работе в супраселлярной области с развитием у пациентки инфарктов в обоих таламусах [33].

Вариантная анатомия проявляется не только в нетипичном расположении или строении каких-то



**Рис. 3.** Варианты строения задних таламоперфорирующих артерий (собственный анатомический препарат): а – классический рассыпной вариант; б – артерия Першерона

**Fig. 3.** Variants of the structure of the thalamo-perforating arteries (own anatomical preparation): а – classical scattered variant; б – Percheron's artery

структур, но и в увеличенном или уменьшенном их количестве, что может привести к серьезным хирургическим ошибкам.

Наиболее типичными примерами служат люмбализация и сакрализация поясничных позвонков, встречаемые в 6–12 % случаев, что создает риск выполнения операции на неверном уровне [34–38].

Добавочные костные дуги и полудуги 1-го шейного позвонка в месте прохождения позвоночной артерии встречаются в 9,1–13,6 % случаев [39]. Такой вариант анатомического строения несет риск повреждения позвоночной артерии во время операции при атлантаксиальной нестабильности, так как создает у хирурга ложное представление о более широкой задней дуге.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные возможности нейровизуализации в большинстве случаев позволяют перед операцией выявить варианты необычного строения и расположения анатомических структур. Поэтому каждое оперативное вмешательство должно быть максимально индивидуализированным с учетом конституциональных особенностей и вариантов строения, начиная с трепанации

череп и заканчивая нюансами оперативного приема. Это требует серьезного предоперационного планирования, так как в большинстве случаев нетипичные анатомические варианты только усложняют ход операции, и к ним не всегда применимы стандартные доступы и приемы.

Тем не менее следует признать, что даже с учетом предоперационного планирования и бдительности нейрохирурга на операции анатомическая вариабельность остается серьезным фактором риска осложнений, ошибок и недостижения целей операции.

В связи с этим весьма разумным выглядит предложение А. Porzionato и соавт. (2022) о введении нового термина «судебно-клиническая анатомия» для оценки влияния вариантов анатомического строения на возникновение хирургических ошибок и осложнений, особенно когда проблема переходит в юридическую плоскость. Согласно предложению А. Porzionato и соавт. учет индивидуальной анатомической изменчивости должен лежать не только в основе «персонализированной медицины», но и при возникновении неблагоприятных периоперационных событий в основе «персонализированного правосудия» [39].

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Лойт А.А., Каюков А.В., Паншин А.А. Хирургическая анатомия груди, живота и таза. СПб: Питер, 2007. 192 с.  
Loit A.A., Kayukov A.V., Panshin A.A. Surgical anatomy of the chest, abdomen and pelvis. St. Petersburg: Piter, 2007. 192 p. (In Russ.).
2. Шевкуненко В.Н., Геселевич А.М. Типовая и возрастная анатомия. Л.: Биомедгиз, 1935. 232 с.  
Shevkunenko V.N., Geselevich A.M. Typical and age anatomy. Leningrad: Biomedgiz, 1935. 232 p. (In Russ.).
3. Люнькова Р.Н., Крылов В.В. Хирургическая анатомия вырезки намета мозжечка. Нейрохирургия 2014;(1):71–82.  
Lyunkova R.N., Krylov V.V. Surgical anatomy of tenderloins of the cerebellar neta. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2014;(1):71–82. (In Russ.).
4. Николаев В.Г., Руденко П.Г., Шнякин П.Г. и др. Анатомические факторы риска осложненного течения послеоперационного периода в хирургии внемозговых опухолей задней черепной ямки. Морфологические ведомости 2022;30(3):66–72. DOI: 10.20340/mv-mn.2022.30(3).654  
Nikolaev V.G., Rudenko P.G., Shniakin P.G. et al. Anatomical risk factors of the complicated course of the postoperative period in surgery of extracerebral tumors of the posterior cranial fossa. *Morfologicheskiye vedomosti = Morphological Newsletter* 2022;30(3):66–72. (In Russ.). DOI: 10.20340/mv-mn.2022.30(3).654
5. Regenbogen S.E., Greenberg C.C., Studdert D.M. et al. Patterns of technical error among surgical malpractice claims: an analysis of strategies to prevent injury to surgical patients. *Ann Surg* 2007;246(5):705–11. DOI: 10.1097/SLA.0b013e31815865f8
6. Rohlfing M.L., Waltonen J.D. Atypical location of the hypoglossal nerve and its implications: a case report. *Surg Radiol Anat* 2016;38(7):863–5. DOI: 10.1007/s00276-015-1613-6
7. Islam S., Walton G.M., Howe D. Aberrant anatomy of the hypoglossal nerve. *J Laryngol Otol* 2012;126(5):538–40. DOI: 10.1017/S0022215111003343
8. Aruede G., Brar J., Pepper T. et al. Unilateral aberrant anatomy of the hypoglossal nerve. *Surg Radiol Anat* 2021;43(11):1809–11. DOI: 10.1007/s00276-021-02828-0
9. Cunningham C.J., Martínez J.L. The wandering nerve: positional variations of the cervical vagus nerve and neurosurgical implications. *World Neurosurg* 2021;156:105–10. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.090
10. Wang J.M.H., Edwards B.A., Loukas M. et al. Supernumerary abducens nerves: a comprehensive review. *World Neurosurg* 2018;112:39–45. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.11.052
11. Ozveren M.F., Sam B., Akdemir I. et al. Duplication of the abducens nerve at the petroclival region: an anatomic study. *Neurosurgery* 2003;52(3):645–52; discussion 651–2. DOI: 10.1227/01.neu.0000048186.18741.3c
12. Stancić M.F., Eskinja N., Stosić A. Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel. *Int Orthop* 1995;19(1):30–4. DOI: 10.1007/BF00184911
13. Pimentel V.S., Artoni B.V., Faloppa F. et al. Prevalence of anatomical variations in patients with carpal tunnel syndrome undergoing classical open carpal tunnel release. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)* 2021;57(4):636–41. DOI: 10.1055/s-0041-1731361
14. Pierre-Jerome C., Smitson R.D. Jr., Shah R.K. et al. MRI of the median nerve and median artery in the carpal tunnel: prevalence of their anatomical variations and clinical significance. *Surg Radiol Anat* 2010;32(3):315–22. DOI: 10.1007/s00276-009-0600-1
15. Matejck V. Aberrant formation and clinical picture of brachial plexus from the point of view of a neurosurgeon. *Bratisl Lek Listy* 2003;104(10):291–9.
16. Калмыков М.Ю., Терновой С.К. Персистирующая тригеминальная артерия по данным мультисрезовой компьютерно-томографической ангиографии. Вестник рентгенологии и радиологии 2014;5:19–25.  
Kalmykov M.Y., Ternovoi S.K. Persistent trigeminal artery according to multislice computed tomographic angiography. *Vestnik rentgenologii i radiologii = Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 2014;5:19–25. (In Russ.).
17. De Bondt B.J., Stokroos R., Casselman J. Persistent trigeminal artery associated with trigeminal neuralgia: hypothesis of neurovascular compression. *Neuroradiology* 2007;49(1):23–6. DOI: 10.1007/s00234-006-0150-8
18. O’Uchi E., O’Uchi T. Persistent primitive trigeminal arteries (PTA) and its variant (PTAV): analysis of 103 cases detected in 16415 cases of MRA over 3 years. *Neuroradiology* 2010;52(12):1111–9. DOI: 10.1007/s00234-010-0669-6
19. Duffill J., Lang D.A., Dwyer G.N. Subarachnoid haemorrhage in a child from an aneurysm of a persistent primitive hypoglossal artery. *Br J Neurosurg* 1996;10(6):607–10. DOI: 10.1080/02688699646952
20. Hatayama T., Yamane K., Shima T. et al. Persistent primitive hypoglossal artery associated with cerebral aneurysm and cervical internal carotid artery stenosis – case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1999;39(5):372–5. DOI: 10.2176/nmc.39.372
21. Pride L.B., Lagergren E.R., Hafner D.H., Chervu A.A. Critical carotid artery stenosis involving a persistent primitive hypoglossal artery. *J Vasc Surg Cases Innov Tech* 2020;6(2):177–80. DOI: 10.1016/j.jvscit.2020.01.016
22. Shchanitsyn I.N., Larin I.V., Titova I.I. Surgical treatment in symptomatic stenosis of the carotid artery and persistent primitive hypoglossal artery. *Angiol Sosud Khir* 2021;27(2):159–68. (In Russ., Engl.). DOI: 10.33529/ANGIO2021220
23. Kawamura K., Tokugawa J., Watanabe M. et al. Persistent primitive hypoglossal artery with ipsilateral symptomatic carotid artery stenosis and cerebral aneurysm. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2021;30(11):106099. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106099
24. Лошкарев И.А., Рыбаков А.Г., Василькина О.Г., Рыбакова Т.А. Вариантная анатомия артерий основания головного мозга человека. В сб.: Фундаментальные науки и практика. Сб. науч. трудов с материалами 2-й международной телеконференции «Проблемы и перспективы современной медицины, биологии и экологии». Том 1, № 2. 2010. С. 48–49.  
Loshkaryov I.A., Rybakov A.G., Vasilkina O.G., Rybakova T.A. Variant anatomy of human brain base arteries. In: *Fundamental sciences and practice. Collection of scientific papers on the materials of the 2<sup>nd</sup> International Teleconference “Problems and prospects of modern medicine, biology and ecology”*. V. 1., No. 2. 2012. Pp. 48–49. (In Russ.).
25. Трушель Н.А. Варианты строения виллизиева круга у людей с расстройствами мозгового кровообращения и умерших от других причин. Вестник ВГМУ 2014;13(2):45–9.  
Trushel N.A. Variants of Willisian circle structure in people with cerebral circulatory disorders and deceased from other causes. *Vestnik VGMU = Vitebsk Medical Journal* 2014;13(2):45–9.
26. Nakase H., Shin Y., Nakagawa I. et al. Clinical features of postoperative cerebral venous infarction. *Acta Neurochir (Wien)* 2005;147(6):621–6; discussion 626. DOI: 10.1007/s00701-005-0501-y
27. Jakola A.S., Bartek J. Jr., Mathiesen T. Venous complications in supracerebellar infratentorial approach. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(3):477–8. DOI: 10.1007/s00701-012-1614-8
28. Narayan V., Savardekar A.R., Patra D.P. et al. Safety profile of superior petrosal vein (the vein of Dandy) sacrifice in neurosurgical procedures: a systematic review. *Neurosurg Focus* 2018;45(1):E3. DOI: 10.3171/2018.4.FOCUS18133
29. Самотесов П.А., Дралуок М.Г., Шнякин П.Г. Вариантная анатомия центральных перфорирующих артерий виллизиевого многоугольника. Сибирский медицинский журнал 2010;2:22–5.  
Samotesov P.A., Draliuk M.G., Shnyakin P.G. Variant anatomy of the central perforating arteries of the villous polygon.

- Sibirskiy meditsinskiy zhurnal = Siberian Medical Journal 2010;2:22–5.
30. Самотесов П.А., Дрالیук М.Г., Шнякин П.Г. и др. Вариантная анатомия центральных перфорирующих артерий головного мозга. Красноярск: Версо, 2011. 84 с.  
Samotesov P.A., Draliuk M.G., Shnyakin P.G. et al. Variant anatomy of the central perforating arteries of the brain. Krasnoyarsk: Verso, 2011. 84 p.
  31. Kocaeli H., Yilmazlar S., Kuytu T., Korfali E. The artery of Percheron revisited: a cadaveric anatomical study. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(3):533–9. DOI: 10.1007/s00701-012-1548-1
  32. Rangel-Castilla L., Gasco J., Thompson B., Salinas P. Bilateral paramedian thalamic and mesencephalic infarcts after basilar tip aneurysm coiling: role of the artery of Percheron. *Neurocirugia (Astur)* 2009;20(3):288–93. DOI: 10.1016/s1130-1473(09)70171-x
  33. Sannwald L.W., von Helden A., Wagner H.-J. et al. Percheron-like artery infarction after transsphenoidal surgery: illustrative case. *J Neurosurg Case Lessons* 2022;3(6):CASE21612. DOI: 10.3171/CASE21612
  34. Shah M., Halalmeh D.R., Sandio A. et al. Anatomical variations that can lead to spine surgery at the wrong level: part III lumbosacral spine. *Cureus* 2020;12(7):e9433. DOI: 10.7759/cureus.9433
  35. Apazidis A., Ricart P.A., Diefenbach C.M., Spivak J.M. The prevalence of transitional vertebrae in the lumbar spine. *Spine J* 2011;11(9):858–62. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.08.005
  36. Bron J.L., van Royen B.J., Wuisman P.I. et al. The clinical significance of lumbosacral transitional anomalies. *Acta Orthop Belg* 2007;73(6):687–95.
  37. Mayer J.E., Dang R.P., Duarte Prieto G.F. et al. Analysis of the techniques for thoracic- and lumbar-level localization during posterior spine surgery and the occurrence of wrong-level surgery: results from a national survey. *Spine J* 2014;14(5):741–8. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.068
  38. Pękala P.A., Henry B.M., Pękala J.R. et al. Prevalence of foramen arcuale and its clinical significance: a meta-analysis of 55,985 subjects. *J Neurosurg Spine* 2017;27(3):276–90. DOI: 10.3171/2017.1.SPINE161092
  39. Porzionato A., Macchi V., Stecco C. et al. Clinical anatomy and medical malpractice – a narrative review with methodological implications. *Healthcare (Basel)* 2022;10(10):1915. DOI: 10.3390/healthcare10101915

**Вклад авторов**

П.Г. Шнякин: обзор литературы, написание текста статьи;  
 П.Г. Руденко: редактирование текста статьи, научное консультирование;  
 Н.Д. Гасимова: проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

**Author's contribution**

P.G. Shnyakin: literature review, article writing;  
 P.G. Rudenko: article editing, scientific consulting;  
 N.D. Gasymova: critical content review, approval of manuscript for publication.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

П.Г. Шнякин / P.G. Shnyakin: <https://orcid.org/0000-0001-6321-4557>  
 П.Г. Руденко / P.G. Rudenko: <https://orcid.org/0000-0001-9390-3134>  
 Н.Д. Гасимова / N.D. Gasymova: <https://orcid.org/0000-0002-9985-9098>

**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.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-130-136>

# ХИРУРГИЯ В СОЗНАНИИ В НЕЙРООНКОЛОГИИ. ЧАСТЬ 2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ

**А.Ю. Дмитриев<sup>1,2</sup>, М.В. Синкин<sup>1,2</sup>, А.А. Скальная<sup>2</sup>, А.А. Солодов<sup>1,2</sup>, В.Г. Дашьян<sup>1,2</sup>**
<sup>1</sup>ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129010 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; Россия, 127006 Москва, ул. Долгоруковская, 4

**Контакты:** Александр Юрьевич Дмитриев [dmitriev@neurosklif.ru](mailto:dmitriev@neurosklif.ru)

Хирургию с пробуждением обычно применяют для сохранения речи у больного. С этой целью используют различные тесты, выбор которых зависит от расположения опухоли. У многоязычных пациентов вербальные центры обычно имеют различную локализацию. Картирование каждого из них необходимо для сохранения способности к общению. Для исследования зрения применяют тест с показом цветных точек или рисунков на экране монитора, разделенного на 4 части. Такое тестирование позволяет одновременно оценить функции зрения и речи.

Картирование моторной зоны у больных в сознании позволяет более комплексно оценить двигательную функцию, включая планирование движений, проприоцептивный контроль и равновесие. Электростимуляция чувствительного центра у пациентов в состоянии бодрствования дает возможность дифференцировки разных видов чувствительности.

Картирование и сохранение когнитивных функций, памяти, внимания и способности к калькуляции чисел повышают шанс сохранить профессиональные навыки и качество жизни после операции.

**Ключевые слова:** хирургия в сознании, краниотомия в сознании, хирургия с пробуждением, картирование, электростимуляция, речь, зрение, когнитивные функции

**Для цитирования:** Дмитриев А.Ю., Синкин М.В., Скальная А.А. и др. Хирургия в сознании в нейроонкологии. Часть 2. Функциональное интраоперационное картирование. Нейрохирургия 2024;26(1):130–6. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-130-136>

## Awake surgery in neurooncology. Part 2. Functional intraoperative mapping

**A. Yu. Dmitriev<sup>1,2</sup>, M. V. Sinkin<sup>1,2</sup>, A. A. Skalnaya<sup>2</sup>, A. A. Solodov<sup>1,2</sup>, V. G. Dashyan<sup>1,2</sup>**
<sup>1</sup>N. V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

<sup>2</sup>Russian University of Medicine, Ministry of Health of Russia; 4 Dolgorukovskaya St., Moscow 127006, Russia

**Contacts:** Aleksandr Yuryevich Dmitriev [dmitriev@neurosklif.ru](mailto:dmitriev@neurosklif.ru)

Awake surgery is usually used to save patient's speech. Various tests are applied for this purpose, which selection depends on tumor location. In multilingual patients verbal centers usually have different position. Location of each of them is necessary to keep patient's communication capabilities after operation.

To study vision, tests with presentations of color points or pictures on the screen divided on 4 parts are used. Such testing allows to estimate vision and speech simultaneously.

Mapping of motor area in awake patients allows to evaluate this function more comprehensively including motion planning, proprioceptive control and balance. Stimulation of sensory area in awake patients gives opportunity to differ various types of sensitivity.

Mapping and keeping of cognitive functions, memory, attention and ability of calculation increases chance to save professional skills and quality of life after operation.

**Keywords:** awake surgery, awake craniotomy, cortical mapping, speech, vision, cognitive functions

**For citation:** Dmitriev A.Yu., Sinkin M.V., Skalnaya A.A. et al. Awake surgery in neurooncology. Part 2. Functional intraoperative mapping. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):130–6. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-130-136>

## ВВЕДЕНИЕ

Интраоперационное пробуждение пациента открыло новые возможности для нейромониторинга. В настоящее время краниотомию в сознании используют при операциях, выполняемых в непосредственной близости от функционально значимых центров головного мозга, например моторного и речевого. Вербальный контакт с пациентом и возможность клинической оценки его функционального статуса позволяют более точно картировать расположение этих областей при интраоперационной нейростимуляции.

Первоначально хирургию в сознании использовали лишь для оценки функции речи [1], но по мере совершенствования анестезии, разработки специфических тестов и шкал, а также накопления опыта выполнения подобных операций начали исследовать и другие функции, требующие контакта с больным: зрение, внимание, память, математические расчеты и профессиональные навыки [2, 3]. Общение с пациентом во время основного этапа операции расширяет возможности оценки движений и чувствительности [4]. В обзоре детально рассмотрены методики картирования каждой из этих функций.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЧИ

Согласно современным данным, нейрональная обработка языковой функции представлена в виде двухпоточной системы (модель Nickok–Roerpel) [5]. В основе системы лежит понятие о наличии вентрального и дорсального потоков, которые объединяют разные области коры в единую систему с разграничением функций. Вентральный поток, соединяющий передние и средние отделы височной доли с традиционно представляемой зоной Вернике (задние отделы верхней височной извилины и верхняя височная борозда), обеспечивает спектральный и фонологический анализ поступающей звуковой информации, т. е. распознавание речи и представление о лексических понятиях. Дорсальный поток затем обеспечивает сенсомоторную интеграцию посредством отображения фонологической информации в артикуляционную моторную зону. Обе части дорсального потока начинаются от области задних отделов верхней височной извилины и переключаются в промежуточном «узле», который, согласно различным моделям, находится либо в теменной и височной долях вокруг латеральной щели, либо более медиально – в нижней теменной дольке. Считают, что дорсальный поток вовлечен не только в слуховую сенсомоторную интеграцию путем сопоставления фонологической информации с артикуляционно-моторными репрезентациями, но и в обработку слуховой

пространственной информации. В итоге одна часть потока приходит в премоторную кору, а вторая – в нижнюю лобную извилину [6]. Вероятно, дорсальный путь слева является доминирующим. До сих пор остается нерешенным вопрос, представлена ли речь билатерально, или существует доминирующее полушарие. Например, прослушивание речи активизирует задние отделы верхней височной извилины в обоих полушариях, а эмоциональная окраска речи воспринимается, вероятно, недоминантным полушарием [7, 8].

Несмотря на длительное применение, концепция операций в сознании с проверкой речевой функции достаточно сильно различается по анестезиологическому пособию, необходимому техническому оснащению, параметрам прямой электростимуляции и, что наиболее важно, парадигмам (заданиям) для картирования, а также по хирургической тактике [9]. Отбор и интерпретация выполнения интраоперационных речевых заданий требуют углубленного изучения речевой функции конкретного пациента до операции и распознавания многочисленных вариантов нарушений речи, кроме остановки речи (speech arrest) и аномии (невозможность назвать объект) [10]. Несмотря на переменное расположение речевых центров мозга, можно выделить наиболее частый вариант их локализации. Электростимуляция данных центров обычно приводит к соответствующим вербальным нарушениям. При воздействии током на покрышечную и треугольную части нижней лобной извилины, а также участки нижней теменной и верхней височной извилин происходит остановка речи. При картировании задних отделов средней лобной извилины и задней части средней и нижней височных извилин наблюдают аномию. Для стимуляции нижней и передней частей прецентральной извилины характерна анартрия. При пропускании тока через супрамаргинальную извилину и задненижнюю часть теменной доли возникают фонетические ошибки. При стимуляции белого вещества на уровне верхней височной извилины и нижних отделов теменной доли наблюдают семантическую парафазию [11, 12].

Помимо корковых центров возможно картирование расположения субкортикальных трактов. Сам факт интраоперационного выявления подкорковых речевых проводящих путей повышает вероятность вербальных нарушений после операции, так как свидетельствует об их близком расположении к месту хирургических манипуляций [11]. Речевые проводящие пути располагаются внутри доброкачественных глиом в 41 % случаев, внутри злокачественных глиом – лишь в 14 % [11].

Задания для картирования формируют на основании проверяемых компонентов речи и их топографической корреляции с участками коры и подкорковых сегментов в зоне операции. На сегодняшний день зачастую используют те же форматы заданий, какие применял в своей работе W. Penfield, – называние предметов и действий, счет, иногда чтение, что далеко не всегда позволяет проверить все домены речи, которые влияют на качество жизни пациента. Нередко нейрохирургические клиники используют собственные разработанные задания, поэтому методика далека от стандартизации [9]. Чаще всего для оценки функции речи применяют тест называния объектов (object naming task), нередко совмещая его с наименованием действий (action naming test) [13]. Тестирование заключается в назывании пациентом предметов или действий, изображения которых ему показывают. Произнесение предложений вместо отдельных слов дает возможность более тщательной оценки – склонения существительных и спряжения глаголов, точности произношения слов, понимания их смысла, правильности связи слов в предложении, а предложений – в рассказ [14]. Помимо тестов во время операции постоянно поддерживают беседу с больным для оценки инициации, понимания и беглости речи, а также памяти и ориентации [15].

В момент выполнения предварительно отобранных исходя из локализации картируемой зоны речевых заданий к коре мозга прикладывают биполярный зонд, подающий электрические импульсы частотой 50 Гц, длительностью 4000 мс, силой тока до 10 мА [16]. Затем отмечают области коры мозга, при стимуляции которых двукратно воспроизводилось клиническое нарушение речи. Активное картирование не проводят при высоком риске развития эпилептического приступа у пациента. Безопасное расстояние от края резекции до центра речи составляет 1–2 см [17].

У многоязычных пациентов при образованиях речевой зоны необходимо картировать все языковые центры, так как их взаиморасположение вариабельно [18]. Солокализация таких вербальных центров относительно друг друга зависит от возраста, в котором человек изучал иностранный язык. Существует зависимость: чем в более раннем возрасте пациент освоил второй язык, тем ближе отвечающий за его восприятие речевой центр располагается к центру родного языка и тем более компактно его расположение. У таких пациентов проще обнаружить оба центра при электростимуляции. При выявлении центра речи иностранного языка обычно рядом удается локализовать вербальную зону родного [19].

### ПРОВЕРКА ЗРИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Интраоперационная локализация кортикального представительства зрительного анализатора и прово-

дящих путей при хирургии в сознании изучена недостаточно. Главным образом это связано с тем, что многие хирурги считают зрительную зону малозначимой, новые визуальные расстройства не всегда могут быть осознаны пациентом во время операции, а частичные выпадения отдельных участков зрения значительно не инвалидизируют пациента. Одним из способов интраоперационной оценки зрения, предложенным Н.С. Nguyen и соавт. (2011), является показ на экране размером 40 × 30 см красных и зеленых точек разного диаметра, возникающих на его противоположных сторонах. Дополнительно лазерным лучом отмечают точку, на которой пациенту необходимо фиксировать взгляд. Красный и зеленый цвета выбраны из-за того, что нарушение их восприятия при повреждении зрительных путей возникает раньше, чем желтого и синего цветов. Кроме того, красный и зеленый цвета хорошо контрастируют между собой. При выполнении нейростимуляции пациент смотрит на экран обоими глазами и сообщает в случае затуманивания точек или их исчезновения. Стимуляцию проводят силой тока 4–5 мА. В этот момент больной отмечает вспышки, иногда сопровождающиеся кратковременной (на 30 с) потерей зрения. Важной технической особенностью является такая установка головодержателя, чтобы он не мешал зрению [2, 20].

Другой способ интраоперационной проверки зрения – показ картинок на экране монитора, разделенного на 4 части. G. Gras-Combe и соавт. (2012), предложившие этот метод, применяли его при электростимуляции зрительной лучистости, но его возможно использовать и при картировании зрительной коры. Каждая часть экрана соответствует четверти поля зрения, а 2 разных изображения располагают по диагонали. Пациент смотрит на красный крест в центре экрана, не зная, в какой момент происходит стимуляция, и при нарушении зрения сообщает об этом. Применение лишь 2 рисунков вместо 4 авторы объясняют преднамеренным допущением возникновения квадрантопии. Выпадение контралатерального изображения при сохранении ипсилатерального свидетельствует о раздражении зрительного пути, тогда как нарушение восприятия обоих рисунков является артефактным. Одновременно с проверкой зрения таким способом можно оценивать и речевую продукцию. Это особенно важно при опухолях височно-теменно-затылочной области, в которой одновременно проходят как зрительные, так и речевые проводящие пути. При подкорковой стимуляции наиболее часто наблюдают размытие видимых изображений (78 %), фосфены (28 %), ощущение тени (14 %) и галлюцинации (7 %). Магнитно-резонансная трактография не подходит для такой операции, поскольку не позволяет определить, какие именно проводящие пути в составе зрительной лучистости несут информацию от оцениваемых четвертей полей зрения. Кроме того, трактография показывает

анатомическое строение проводящих путей, но не их функциональную значимость [21].

Нарушение полей зрения во многих странах является противопоказанием для вождения автомобиля, что снижает качество жизни пациентов. Поэтому преднамеренное вызывание гемианопсии оправдано лишь при резекции глиом затылочной доли из-за более высокой радикальности операции. При расположении же опухоли в височно-теменно-затылочной области следует попытаться сохранить все поля зрения. Это относится ко всем опухолям, включая глиомы низкой степени злокачественности. Полное излечение при резекции таких новообразований обычно невозможно, поэтому главная цель операции – предотвращение малигнизации новообразования. Сохранение зрения на несколько лет является важным для качества жизни больного [21].

### ТЕСТИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

Вновь возникающие когнитивные нарушения во время хирургии в сознании важно дифференцировать от усталости пациента. Для правильной интерпретации результатов необходимо участие смежных профильных специалистов (невролог, нейропсихолог). По данным J. Weppum и соавт. (2018), возникающие после операции легкие и умеренные когнитивные расстройства регрессируют чаще, чем очаговые неврологические дисфункции, а динамика грубых когнитивных и неврологических нарушений не различается. Повышение радикальности резекции опухоли за счет появления новых легких и умеренных когнитивных нарушений остается предметом дискуссии [22].

При удалении глиом лобных долей может пострадать внимание, при инвазии крючкового пучка – узнавание лиц знаменитостей, при опухолях островковой доли – называние наименований предметов и память. Правильный набор тестов, позволяющих оценивать эти функции до и во время операции, необходим для предотвращения когнитивных расстройств. Это тесты на узнавание известных лиц, задержку реакции (тест Струпа), визуально-пространственные и мыслительные задачи [23].

S.S. Chakravarthi и соавт. (2019) после операции по удалению объемных образований III желудочка у 4 (33 %) из 11 больных наблюдали когнитивные нарушения. Наиболее часто они развивались при поражении более его 2/3 и вовлечении в процесс лимбической системы, мамиллоталамических трактов, передней спайки, стенки гипоталамуса и свода. По мнению авторов, хирургия с пробуждением у таких пациентов позволяет предупредить нарастание интеллектуальных нарушений после операции. А при применении порта из-за небольших размеров хирургического доступа оперативное вмешательство возможно проводить, полностью отказавшись от наркоза [24].

### ПРОВЕРКА ВНИМАНИЯ, ПАМЯТИ И КАЛЬКУЛЯЦИИ ЧИСЕЛ

По данным С.А. Racine и соавт. (2015), у 92 % больных с объемными образованиями головного мозга даже при отсутствии очаговых неврологических нарушений имеются нарушения внимания, памяти, повышение тревожности и раздражительности. По их мнению, такая высокая частота поведенческих нарушений связана с распространенной локализацией этих центров в головном мозге, в связи с чем данные расстройства возникают при любом расположении опухоли. Стандартный неврологический осмотр и даже базовые нейрокогнитивные тесты (такие как Монреальская когнитивная шкала, МоСА) неспособны выявить данные расстройства. Для этого требуется более углубленное тестирование. После хирургического вмешательства чаще всего нарушаются память, настроение, нарастают беспокойство, депрессия, раздражительность, что приводит к снижению качества жизни. Сохранение этих функций при хирургическом вмешательстве может улучшить функциональный исход [3].

Работ по интраоперационному картированию высших корковых функций при хирургии в сознании очень мало. Это связано с технической сложностью выполнения, значительным удлинением основного этапа хирургического вмешательства и сложностью различения развивающегося функционального нарушения и усталости больного. Особенный интерес представляет картирование центров мозга, отвечающих за профессиональную деятельность больного [4, 25, 26].

Резекция глиом передних отделов поясных извилин может привести к нарушению исполнительных функций, которые включают планирование действия, выбор цели, принятие решения и оценку результата. Расстройства этих функций не так очевидны, как нарушения движений или речи. M. Wager и соавт. (2013) предложили применять тест Струпа при хирургии в сознании у таких больных. При возможности тотальной резекции опухоли (особенно низкой степени злокачественности) с сохранением движений и речи результатами теста можно пренебречь, а исполнительными функциями пожертвовать. В этом случае радикальная резекция позволяет увеличить выживаемость и сохранить качество жизни. С другой стороны, при невозможности тотального или субтотального удаления опухоли целесообразно сохранение любых значимых центров, так как дополнительная (но заведомо неполная) резекция глиомы не влияет на продолжительность жизни, но снижает ее качество. Примечательно, что в половине наблюдений с положительным тестом Струпа очаг располагался на противоположной стороне, что говорит о высокой пластичности данных высших корковых функций [27]. Такого же мнения придерживаются H. Duffau и соавт. (2010), которые считают, что

необходимость сохранения высших корковых функций зависит от гистологического типа опухоли и возраста больного. При глиомах низкой степени злокачественности у молодых пациентов с учетом длительной предполагаемой продолжительности жизни следует стремиться их сохранить. При глиобластомах это не является обязательным [4].

А.Д. Рупра и соавт. в 2 работах первыми описали расположение корковых и подкорковых центров калькуляции чисел в правой теменной доле у 5 правшей по результатам нейростимуляции. Корковые очаги, отвечающие за сложение и умножение, были обнаружены в угловой и надкраевой извилинах, межтеменной борозде, нижней и верхней теменной долях правого полушария. Подкорковые арифметические центры наблюдали лишь в верхней теменной доле. В этих работах не выполняли тест на доминантность полушария, однако отсутствие речевых нарушений при нейростимуляции правой теменной доли косвенно свидетельствовало о преобладании левого полушария. Авторы не резецировали эти функционально значимые центры и не выявили нарушений арифметических навыков после операции. Однако, учитывая распределенный характер локализации в мозге центров математических вычислений, неясно, повлечет ли резекция правой теменной доли математические дисфункции [28, 29].

Хирургия в сознании позволяет локализовать центр визуально-пространственного восприятия. Он располагается в лобной, височной, теменной долях и в подкорковых ядрах недоминантного полушария. При его повреждении возникает унилатеральная пространственная агнозия, проявляющаяся в игнорировании левой части пространства, что значительно инвалидизирует пациента. Для обнаружения центра во время нейростимуляции больного просят показать середину 20-сантиметрового отрезка. Ее смещение более чем на 6,5 мм вправо свидетельствует о раздражении данного центра мозга [30].

### ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ КОРЫ

При стимуляции двигательного центра в сознании могут возникнуть непроизвольные сокращения мышц, ускорение или прекращение движений [31].

Несмотря на то что картирование первичной моторной коры можно выполнять и у больных в состоянии наркоза, хирургия в сознании имеет дополнительные преимущества. В формировании движений принимает участие не только первичная двигательная кора. Дополнительная моторная зона участвует в планировании произвольных движений. Также движения связаны с получением проприоцептивной информации от конечностей, визуальным контролем и чувством равновесия. Для оценки этих функций требуется постоянная связь с пациентом, что выполнимо лишь

при нахождении его в сознании во время операции [4].

При операциях в сознании силу тока для картирования первичной двигательной коры выставляют ниже, чем при наркозе, обычно она не превышает 5–7 мА при использовании стимуляции с частотой 50 Гц по методу Пенфилда [17, 32]. Порог возникновения мышечного ответа увеличивается при злокачественных опухолях и массивном перифокальном отеке, а стимуляция меньшей силой тока при хирургии в сознании реже провоцирует интраоперационные судороги [12]. Безопасное расстояние от места резекции до первичной двигательной коры – 0,5 см [17].

### КАРТИРОВАНИЕ СЕНСОРНОЙ КОРЫ

В литературе уделено мало внимания электростимуляции этой функциональной зоны при хирургии в сознании. Использование фазово-реверсивных соматосенсорных вызванных потенциалов позволяет лишь локализовать центральную извилину, но не получить точную информацию об организации сенсорной коры. Пациент в сознании способен отличить поверхностную чувствительность от глубокой, что дает возможность точно определить участки коры и таламокортикального пути, ответственные за соответствующую чувствительность [4].

### ОСОБЕННОСТИ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ИНТРАОПЕРАЦИОННОМ КАРТИРОВАНИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Основной задачей анестезиологического пособия при хирургии в сознании является обеспечение условий для выполнения нейрофизиологического мониторинга и хирургии при сохранении максимальных безопасности и комфорта для пациента.

Важны предоперационная оценка состояния больного, разъяснение ему основных этапов операции. Пациенты должны быть информированы о возможности возникновения ощущений или интраоперационного пробуждения во время некоторых этапов операции, так как глубина анестезии может быть уменьшена во время электрокортикографии [33]. Во время моторного картирования на контралатеральной половине лица, в руке и/или ноге могут происходить непроизвольные мышечные сокращения или затруднение движений. При сенсорном картировании определяют, есть ли у пациента аномальные ощущения, например парестезии. Во время стимуляции коры головного мозга в функционально значимых участках мозга у пациента вызываются речевые нарушения, такие как прекращение речи, экспрессивная или репрессивная афазия. Пациент должен быть подготовлен к таким ситуациям. Частой причиной

неудачи при краниотомии в сознании является плохая коммуникация с пациентом во время операции, поэтому необходимы постоянный контакт с больным, эмпатия и предупреждение психологического дискомфорта [31, 34, 35].

Выбор анестетиков для проведения общей анестезии осуществляют с учетом их воздействия на электрическую активность головного мозга. В большинстве случаев совместное использование противоэпилептических и анестетических препаратов потенцирует седативный эффект. Следует учитывать, что некоторые антиконвульсанты (карбамазепин, фенитоин, фенобарбитал) обладают выраженными энзиминдуцирующими свойствами, что может приводить к изменению продолжительности и выраженности действия различных медикаментов вследствие снижения их плазменной концентрации [36].

Правильное использование анестетиков и тщательное титрование дозы, а также эффективная связь между нейрохирургом, нейрофизиологом и анестезиологом имеют важное значение для оптимизации эффективности мониторинга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургию с пробуждением все чаще используют в нейроонкологии. Выявление и сохранение вербальных центров и речевых проводящих путей улучшают социальную адаптацию больных после операции. Интраоперационное картирование при сохранении сознания позволяет оценить зрение, провести комплексный анализ двигательной, чувствительной сфер и высших корковых функций. Вопрос о возможности сохранения когнитивных способностей остается дискуссионным и во многом зависит от гистологического типа опухоли. Попытка предотвращения их повреждения целесообразна при глиомах низкой степени злокачественности и предполагаемой высокой продолжительности жизни.

Еще одним преимуществом картирования головного мозга в сознании является возможность сохранения отдельных профессиональных навыков, что особенно актуально для пациентов трудоспособного возраста. Однако данную возможность редко используют на практике из-за удлинения операции и сложности оценки этих функций.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ojemann G., Ojemann J., Lettich E., Berger M. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J Neurosurg* 1989;71(3): 316–26. DOI: 10.3171/jns.1989.71.3.0316
- Nguyen H.S., Sundaram S.V., Mosier K.M., Cohen-Gadol A.A. A method to map the visual cortex during an awake craniotomy. *J Neurosurg* 2011;114(4):922–6. DOI: 10.3171/2010.11.JNS101293
- Racine C.A., Li J., Molinaro A.M. et al. Neurocognitive function in newly diagnosed low-grade glioma patients undergoing surgical resection with awake mapping techniques. *Neurosurgery* 2015;77(3):371–9; discussion 379. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000779
- Duffau H. Awake surgery for nonlanguage mapping. *Neurosurgery* 2010;66(3):523–8; discussion 528–9. DOI: 10.1227/01.NEU.0000364996.97762.73
- Hickok G., Poeppel D. Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition* 2004;92(1–2):67–99. DOI: 10.1016/j.cognition.2003.10.011
- Chang E.F., Raygor K.P., Berger M.S. Contemporary model of language organization: an overview for neurosurgeons. *J Neurosurg* 2015;122(2):250–61. DOI: 10.3171/2014.10.JNS132647
- Hickok G., Poeppel D. The cortical organization of speech processing. *Nat Rev Neurosci* 2007;8(5):393–402. DOI: 10.1038/nrn2113
- Imaizumi S., Mori K., Kiritani S. et al. Vocal identification of speaker and emotion activates different brain regions. *Neuroreport* 1997;8(12):2809–12. DOI: 10.1097/00001756-199708180-00031
- Sefcikova V., Sporrer J.K., Ekert J.O. et al. High interrater variability in intraoperative language testing and interpretation in awake brain mapping among neurosurgeons or neuropsychologists: an emerging need for standardization. *World Neurosurg* 2020;141:e651–e60. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.05.250
- Talacchi A., Santini B., Casartelli M. et al. Awake surgery between art and science. Part II: language and cognitive mapping. *Funct Neurol* 2013;28(3):223–39. DOI: 10.11138/FNeur/2013.28.3.223
- 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
- Spena G., Nava A., Cassini F. et al. Preoperative and intraoperative brain mapping for the resection of eloquent-area tumors. A prospective analysis of methodology, correlation, and usefulness based on clinical outcomes. *Acta Neurochir (Wien)* 2010;152(11):1835–46. DOI: 10.1007/s00701-010-0764-9
- Rofes A., Miceli G. Language mapping with verbs and sentences in awake surgery: a review. *Neuropsychol Rev* 2014;4(2):185–99. DOI: 10.1007/s11065-014-9258-5
- Ohlerth A.K., Valentin A., Vergani F. et al. The verb and noun test for peri-operative testing (VAN-POP): standardized language tests for navigated transcranial magnetic stimulation and direct electrical stimulation. *Acta Neurochir* 2020;162(2):397–406. DOI: 10.1007/s00701-019-04159-x
- Жуков В.Ю., Горайнов С.А., Буклина С.Б. и др. Интраоперационное картирование длинных ассоциативных трактов в хирургии глиом доминантной по речи лобной доли. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко 2018;82(5):5–20. DOI: 10.17116/neiro2018820515  
Zhukov V.Yu., Goryaynov S.A., Buklina S.B. et al. Intraoperative mapping of long association fibers in surgery of gliomas of the speech-dominant frontal lobe. *Zhurnal Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2018;82(5):5–20. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro2018820515
- Garrett M.C., Pouratian N., Liao L.M. Use of language mapping to aid in resection of gliomas in eloquent brain regions. *Neurosurg Clin N Am* 2012;23(3):497–506. DOI: 10.1016/j.nec.2012.05.003

17. Trinh V.T., Fahim D.K., Shah K. et al. Subcortical injury is an independent predictor of worsening neurological deficits following awake craniotomy procedures. *Neurosurgery* 2013;72(2):160–9. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827b9a11
18. Giussani C., Roux F.E., Lubrano V. et al. Review of language organisation in bilingual patients: what can we learn from direct brain mapping? *Acta Neurochir (Wien)* 2007;149(11):1109–16; discussion 1116. DOI: 10.1007/s00701-007-1266-2
19. Walker J.A., Quiñones-Hinojosa A., Berger M.S. Intraoperative speech mapping in 17 bilingual patients undergoing resection of a mass lesion. *Neurosurgery* 2004;54(1):113–7; discussion 118. DOI: 10.1227/01.neu.0000097270.95721.3b
20. Šteňo A., Karlík M., Mendel P. et al. Navigated three-dimensional intraoperative ultrasound-guided awake resection of low-grade glioma partially infiltrating optic radiation. *Acta Neurochir (Wien)* 2012;154(7):1255–62. DOI: 10.1007/s00701-012-1357-6
21. Gras-Combe G., Moritz-Gasser S., Herbet G., Duffau H. Intraoperative subcortical electrical mapping of optic radiations in awake surgery for glioma involving visual pathways. *J Neurosurg* 2012;117(3):466–73. DOI: 10.3171/2012.6.JNS111981
22. Brennum J., Engelmann C.M., Thomsen J.A., Skjøth-Rasmussen J. Glioma surgery with intraoperative mapping – balancing the onco-functional choice. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(5):1043–50. DOI: 10.1007/s00701-018-3521-0
23. Satoer D., Visch-Brink E., Dirven C., Vincent A. Glioma surgery in eloquent areas: can we preserve cognition? *Acta Neurochir* 2016;158(1):35–50. DOI: 10.1007/s00701-015-2601-7
24. Chakravarthi S.S., Kassam A.B., Fukui M.B. et al. Awake surgical management of third ventricular tumors: a preliminary safety, feasibility, and clinical applications study. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;17(2):208–26. DOI: 10.1093/ons/opy405
25. De Witte E., Satoer D., Colle H. et al. Subcortical language and non-language mapping in awake brain surgery: the use of multimodal tests. *Acta Neurochir* 2015;157(4):577–88. DOI: 10.1007/s00701-014-2317-0
26. Duffau H. The challenge to remove diffuse low-grade gliomas while preserving brain functions. *Acta Neurochir (Wien)* 2012;154(4):569–74. DOI: 10.1007/s00701-012-1275-7
27. Wager M., Du Boisgueheneuc F., Pluchon C. et al. Intraoperative monitoring of an aspect of executive functions: administration of the Stroop test in 9 adult patients during awake surgery for resection of frontal glioma. *Neurosurgery* 2013;72(2 Suppl Operative):ons169–80; discussion ons180–1. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827b9a11
28. Puppa A.D., De Pellegrin S., d'Avella E. et al. Right parietal cortex and calculation processing: intraoperative functional mapping of multiplication and addition in patients affected by a brain tumor. *J Neurosurg* 2013;119(5):1107–11. DOI: 10.3171/2013.6.JNS122445
29. Puppa A.D., De Pellegrin S., Lazzarini A. et al. Subcortical mapping of calculation processing in the right parietal lobe. *J Neurosurg* 2015;122(5):1038–41. DOI: 10.3171/2014.10.JNS14261
30. Bartolomeo P., Thiebaut de Schotten M., Duffau H. Mapping of visuospatial functions during brain surgery: a new tool to prevent unilateral spatial neglect. *Neurosurgery* 2007;61(6):E1340. DOI: 10.1227/01.neu.0000306126.46657.79
31. Duffau H., Mandonnet E. The “onco-functional balance” in surgery for diffuse low-grade glioma: integrating the extent of resection with quality of life. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(6):951–7. DOI: 10.1007/s00701-013-1653-9
32. Zelitzki R., Korn A., Arial E. et al. Comparison of motor outcome in patients undergoing awake vs general anesthesia surgery for brain tumors located within or adjacent to the motor pathways. *Neurosurgery* 2019;85(3):E470–E6. DOI: 10.1093/neuros/nyz007
33. Khu K.J., Doglietto F., Radovanovic I. et al. Patients' perceptions of awake and outpatient craniotomy for brain tumor: a qualitative study. *J Neurosurg* 2010;112(5):1056–60. DOI: 10.3171/2009.6.JNS09716
34. Лубнин А.Ю., Синбухова Е.В., Куликов А.С., Кобяков Г.Л. Ощущения пациентов и их удовлетворенность при проведении краниотомии в сознании. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко* 2020;84(5):89–101. DOI: 10.17116/neiro20208405189
35. Lubnin A.Yu., Sinbukhova E.V., Kulikov A.S., Kobayakov G.L. Sensations of patients and their satisfaction during awake craniotomy. *Zhurnal Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2020;84(5):89–101. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20208405189
36. Hansen E., Seemann M., Zech N. et al. Awake craniotomies without any sedation: the awake-awake-awake technique. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(8):1417–24. DOI: 10.1007/s00701-013-1801-2
37. Bayram A.K., Yan Q., Isitan C. et al. Effect of anesthesia on electrocorticography for localization of epileptic focus: Literature review and future directions. *Epilepsy Behav* 2021;118:107902. DOI: 10.1016/j.yebeh.2021.107902

**Вклад авторов**

А.Ю. Дмитриев: разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;  
 М.В. Синкин, А.А. Скальная, А.А. Солодов: разработка дизайна исследования, редактирование текста статьи;  
 В.Г. Дашьян: редактирование текста статьи.

**Authors' contributions**

A.Yu. Dmitriev: developing the research design, reviewing publications of the article's theme, article writing;  
 M.V. Sinkin, A.A. Skalnaya, A.A. Solodov: developing the research design, article editing;  
 V.G. Dashyan: article editing.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

А.Ю. Дмитриев / A.Yu. Dmitriev: <https://orcid.org/0000-0002-7635-9701>  
 М.В. Синкин / M.V. Sinkin: <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>  
 А.А. Скальная / A.A. Skalnaya: <https://orcid.org/0000-0001-5938-9194>  
 А.А. Солодов / A.A. Solodov: <https://orcid.org/0000-0002-8263-1433>  
 В.Г. Дашьян / V.G. Dashyan: <https://orcid.org/0000-0002-5847-9435>

**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.

**Статья поступила:** 25.05.2022. **Принята к публикации:** 24.10.2023.

**Article received:** 25.05.2022. **Accepted for publication:** 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-137-147>

# СПОНТАННАЯ НАЗАЛЬНАЯ ЛИКВОРЕЯ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**В.А. Антипов<sup>1</sup>, А.А. Каландари<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница им. В.В. Вересаева Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 127411 Москва, ул. Лобненская, 10;<sup>2</sup>ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3**Контакты:** Алик Амиранович Каландари [Kalandarialik@gmail.com](mailto:Kalandarialik@gmail.com)

Спонтанная назальная ликворея в силу редкости данной патологии и сложного этиопатогенеза остается недостаточно изученной. Схожесть клинической симптоматики с другими заболеваниями лор-органов, низкая настороженность специалистов первичного звена приводят к несвоевременной диагностике и лечению, что обуславливает высокий риск развития осложнений. В последние годы проблематика диагностики и лечения этой патологии привлекает все больше внимания, о чем свидетельствует увеличение числа публикаций по данной теме.

В обзоре подробно рассмотрены вопросы этиопатогенеза, классификации, диагностики и лечения спонтанной назальной ликвореи на основе актуальных данных научной литературы.

**Ключевые слова:** спонтанная назальная ликворея, нетравматическая назальная ликворея, идиопатическая внутричерепная гипертензия, дефект костей основания черепа, ликворная фистула, обзор

**Для цитирования:** Антипов В.А., Каландари А.А. Спонтанная назальная ликворея: обзор литературы. *Нейрохирургия* 2024;26(1):137–47. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-137-147>

## Spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea: literature review

**V.A. Antipov<sup>1</sup>, A.A. Kalandari<sup>2</sup>**<sup>1</sup>V.V. Veresaev City Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department"; 10 Lobnenskaya St., Moscow 127411 Russia;<sup>2</sup>N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia**Contacts:** Alik Amiranovich Kalandari [Kalandarialik@gmail.com](mailto:Kalandarialik@gmail.com)

Due to its rarity and complex etiopathogenesis, spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea remains an understudied problem. Similarity of symptoms with other disorders of the ENT organs, low vigilance of primary care specialists lead to delayed diagnosis and treatment increasing the risk of complications. In recent years, diagnosis and treatment of this pathology have received a higher level of attention as evidenced by increased number of publications on this topic.

The review considers in detail the problems of etiopathogenesis, classification, diagnosis and treatment of spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea based on current data from scientific literature.

**Keywords:** spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea, nontraumatic cerebrospinal fluid rhinorrhea, idiopathic intracranial hypertension, defect of the bones of the base of the skull, cerebrospinal fluid fistula, review

**For citation:** Antipov V.A., Kalandari A.A. Spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea: literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):137–47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-137-147>

**ВВЕДЕНИЕ**

Спонтанная назальная ликворея (СНЛ), также встречающаяся в литературе под названиями «нетравматическая», «идиопатическая», — истечение цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) в полость носа вследствие врожденных или приобретенных нетравматических причин образования дефектов в костях основания черепа и твердой мозговой оболочке (ТМО). Данную патологию, ранее считавшуюся казуистической, все чаще стали описывать в мировой и российской литературе, выделять как отдельную нозологию с исследованием этиологии, патогенеза, методов диагностики и лечения [1]. Несмотря на это, из-за редкости и сложного этиопатогенеза данная патология остается недостаточно изученной. Кроме того, схожесть клинической симптоматики с другими заболеваниями лор-органов, низкая настороженность специалистов первичного звена приводят к несвоевременной диагностике и лечению, что влечет за собой высокий риск развития осложнений. В представленном обзоре литературы рассмотрены вопросы этиопатогенеза, диагностики и лечения данной патологии на основании актуальных публикаций.

**КЛАССИФИКАЦИЯ**

Назальная ликворея (НЛ) — истечение ЦСЖ из субарахноидального пространства головного мозга в полость носа вследствие дефектов в костях основания черепа и ТМО различной этиологии. Выделяют травматическую и нетравматическую НЛ [1].

Существуют различные подходы к классификации нетравматической НЛ. Некоторые авторы, особенно в более ранних публикациях, принципиально разделяют нетравматическую НЛ и СНЛ [2]. По их мнению, к нетравматической ликворее относятся все случаи истечения ЦСЖ из полости черепа при отсутствии травматического и хирургического анамнеза, т. е. она может быть связана с врожденными дефектами черепа и ТМО, объемными образованиями головного мозга или возникать без установленной причины (спонтанная). СНЛ в данном случае рассматривается авторами как нетравматическая НЛ без установленной этиологии.

Другие авторы смешивают понятия нетравматической и СНЛ [3], основывая классификацию на уровне внутричерепного давления (ВЧД) и выделяя нормотензивную нетравматическую НЛ и гипертензивную (рис. 1).

Также встречается термин «идиопатическая назальная ликворея» [4].

По нашему мнению, классификация должна наиболее просто и в то же время полно отражать суть нозологии, что упростит и расширит ее клиническое применение. Такими свойствами обладает классификация, использующая термин «спонтанная назальная ликворея» и подразделяющая ее на первичную и вторичную [5].

Согласно данной классификации первичной СНЛ называют ликворею, причину которой установить не удастся, вторичной СНЛ называют ликворею, возникшую из-за установленной патологии (врожденные

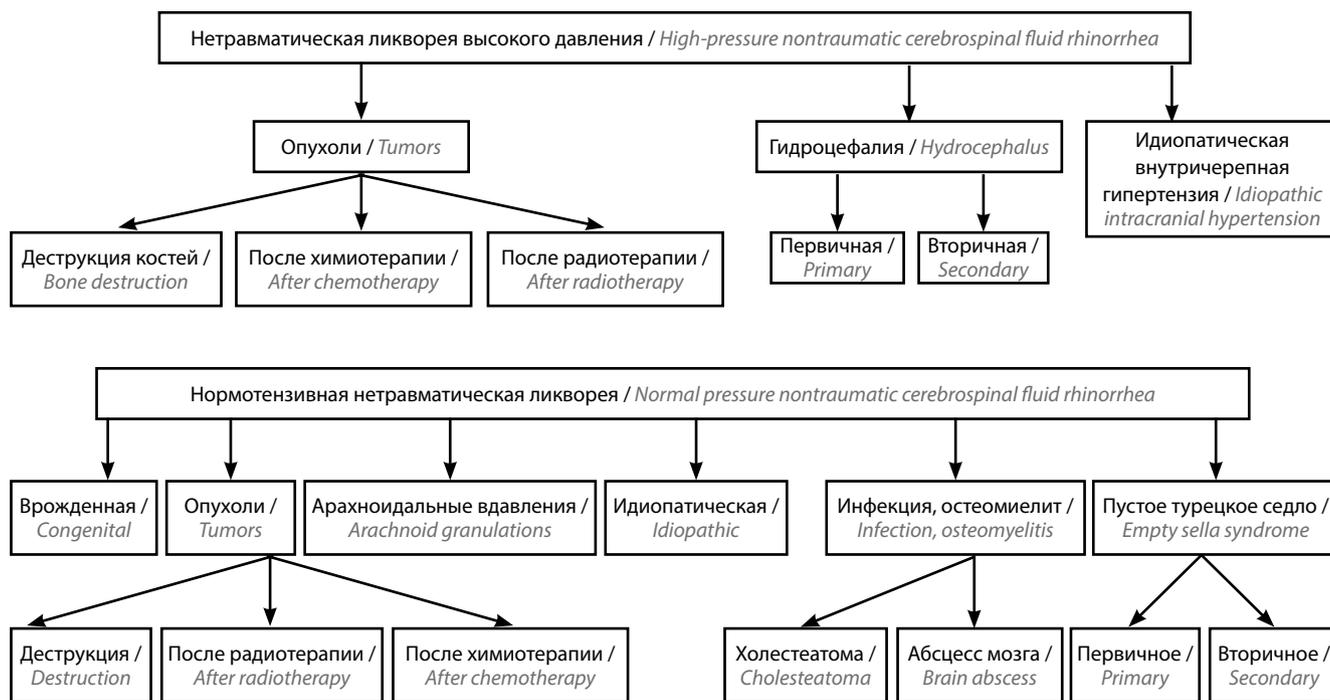


Рис. 1. Классификация нетравматической назальной ликвореи по G. Har-El [3]

Fig. 1. Classification of nontraumatic cerebrospinal fluid rhinorrhea per G. Har-El [3]

дефекты костей черепа, опухоли и т.д.), но не связанную с травматическими и ятрогенными причинами. Важно отметить, что термин СНЛ в актуальных публикациях встречается чаще, чем нетравматическая НЛ. Далее мы будем придерживаться этой классификации и термин нетравматической НЛ использовать не будем.

### ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Данные источников литературы о частоте встречаемости СНЛ вариабельны. Различные исследования сообщают о частоте от 3 до 4 % среди всех случаев НЛ [4, 6, 7], но в основном в литературе представлены описания единичных клинических случаев [8–10]. Многие авторы сходятся во мнении, что из-за отсутствия углубленных исследований СНЛ, редкости данной патологии нет точных данных о ее истинной распространенности [11].

### ФАКТОРЫ РИСКА, ЭТИОЛОГИЯ И ПАТОГЕНЕЗ

Факторами риска возникновения СНЛ являются женский пол, возраст от 45 до 65 лет, избыточный вес [12]. В исследовании E.Z. Stucken и соавт. (2012) [13], целью которого было выявление связи между ожирением и возникновением СНЛ путем сравнения индекса массы тела в группах пациентов со СНЛ и травматической НЛ, средний индекс массы тела в группе СНЛ составлял 33,4 кг/м<sup>2</sup>, а в группе травматической НЛ – 27,0 кг/м<sup>2</sup>, при этом разница оказалась статистически значимой ( $p = 0,02$ ). Коморбидные состояния, связанные с избыточным весом, такие как апноэ сна, повышение ВЧД, также часто встречаются у пациентов со СНЛ и относятся к факторам риска [14].

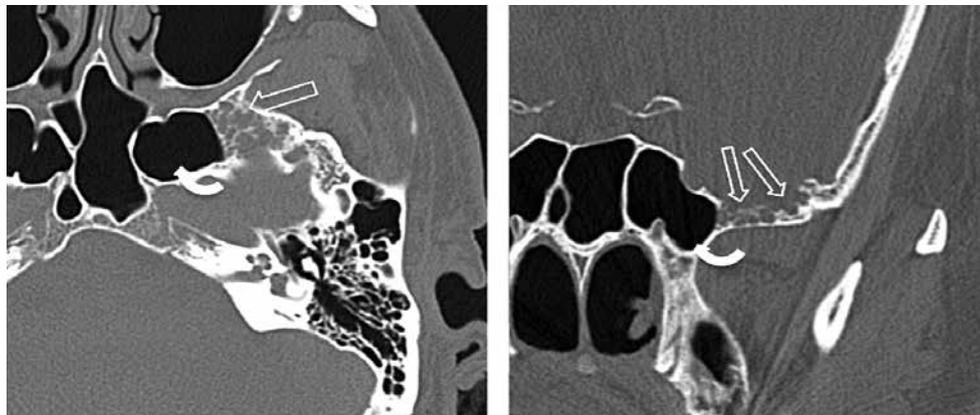
Патогенетическим механизмом развития СНЛ является образование дефекта в костях основания черепа и ТМО за счет различных этиологических факторов. Дефекты обычно локализуются в латеральных отделах и крыше клиновидной пазухи [15–17], в области крыши решетчатого лабиринта (решетчатая пластинка) [18]; обе эти анатомические области характеризуются малой толщиной костей. Также спонтанные ликворные фистулы могут локализоваться в области больших крыльев основной кости [19], в области височной кости [20], в крыше барабанной полости с истечением ликвора через евстахиеву трубу в носоглотку [21]. Описаны случаи спонтанных фистул с локализацией дефекта в задней стенке лобной пазухи [22]. Кроме того, дефект может возникать в области ската клиновидной кости [23]. Нередко у пациентов со СНЛ имеют место множественные дефекты костей основания черепа [24]. В исследовании R.J. Schlosser и W.E. Bolger у 31 % пациентов со СНЛ при диагностике и интраоперационно обнаруживались множественные дефекты основания черепа [25].

Далее будут рассмотрены этиологические причины образования дефектов с последующим развитием СНЛ.

**Идиопатическая внутричерепная гипертензия (ИВГ)** – редкое заболевание, характеризующееся повышенным ВЧД при нормальном составе ЦСЖ и без внутричерепной патологии [26]. Данное заболевание все чаще в литературе признается основным этиологическим фактором СНЛ. Диагноз ИВГ обычно ставят через несколько недель или месяцев после хирургического лечения спонтанной ликворной фистулы, когда у пациентов возникают жалобы, типичные для внутричерепной гипертензии: на постоянную головную боль, преходящие зрительные нарушения, связанные с выявляемым в последующем отеком диска зрительного нерва; при люмбальной пункции достигается регресс головной боли, регистрируется повышенное ликворное давление [27]. У пациентов с ИВГ отмечается высокая частота рецидива НЛ после хирургического лечения (от 25 до 87 %) [28], что косвенно подтверждает патогенетическую роль ИВГ в развитии СНЛ. Поэтому лечение СНЛ должно включать не только хирургическое закрытие дефекта, но и комплекс мер, направленных на снижение ВЧД [29], о которых будет сказано далее. По демографическим характеристикам пациенты с ИВГ и СНЛ также схожи – как правило, это женщины среднего возраста с индексом массы тела >30 кг/м<sup>2</sup>. Интересно, что аналогичные демографические характеристики отмечаются у пациентов с первичным синдромом пустого турецкого седла (СПТС).

**Синдром пустого турецкого седла** также считается одним из самых распространенных предикторов развития СНЛ. При данном синдроме интраселлярное арахноидоцеле смещает гипофиз, в результате чего формируется дефект основания турецкого седла и возникает НЛ [11]. В работе В.А. Syed (2000) [30] были проанализированы данные обследования 58 пациентов со СНЛ и СПТС, у 51 (87,9 %) из них фистула локализовалась в основании турецкого седла. Одно из основных клинических проявлений СПТС – гормональный дисбаланс, возникающий из-за сдавления гипофиза, который вносит вклад в развитие ожирения, артериальной гипертензии, колебаний ВЧД [11]. Таким образом, механизм образования костного дефекта при СПТС не до конца понятен, но данный синдром включает комплекс факторов (женский пол, возраст, гормональные нарушения, ожирение), которые также являются факторами риска развития СНЛ.

**Гиперпневматизация клиновидной кости** – анатомический вариант строения клиновидной пазухи с ее распространением в латеральные отделы кости, который часто ассоциирован с развитием СНЛ. Патогенетический механизм образования дефекта при гиперпневматизации может быть связан с недостаточным кровоснабжением и резорбцией костей основания черепа. В исследовании P.G. Shett и соавт. были проанализированы анатомические находки при компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) у пациентов со СНЛ: у 10 (93 %)

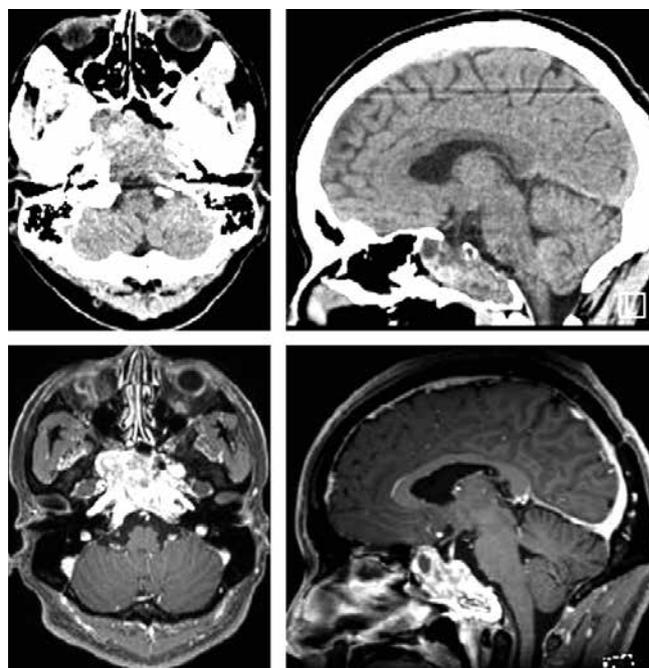


**Рис. 2.** Арахноидальные вдавления в области большого крыла основной кости (серые стрелки) у пациента со спонтанной назальной ликвореей и дефектом в этой области; белой стрелкой указан путь истечения ликвора в пазуху (F. Settecasse и соавт. [19])

**Fig. 2.** Arachnoid granulations in the area of the greater wing of the sphenoid bone (grey arrows) in a patient with spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea and a defect in this area; white arrow shows the path of cerebrospinal fluid leakage into the sinus (F. Settecasse et al. [19])

из 11 пациентов отмечалась повышенная пневматизация латеральных отделов основной кости с развитием костного дефекта в области средней черепной ямки [31]. В исследовании F. Settecasse и соавт. [19] у 15 (56 %) из 26 пациентов со СНЛ выявлена гиперпневматизация с образованием энцефалоцеле через дефект кости, у остальных 11 пациентов пазуха была нормального строения, а дефект располагался в области большого крыла основной кости. Важным является тот факт, что у всех 26 пациентов по данным КТ были обнаружены так называемые арахноидальные ямки (*arachnoid pits*), вдавления паутинной оболочки в костях основания черепа, вероятно возникающие при пульсации мозга у пациентов с ИВГ и ведущие к истончению костей (рис. 2). Эти истончения, по-видимому, также могут быть частой причиной ликвореи. Именно в пользу этой теории свидетельствуют результаты исследования С.Ф. Вагаñано и соавт. [16], согласно которым арахноидальные вдавления встречаются чаще и играют более решающую роль в образовании СНЛ, чем, например, такая врожденная аномалия строения основной кости, как канал Штернберга.

**Канал Штернберга** — так называемый латеральный краниофарингеальный канал, один из вариантов анатомического строения основной кости, при котором образуется дефект в латеральной стенке клиновидной пазухи вследствие нарушения слияния точек окостенения крыльев клиновидной кости. Описан в 1888 г. Максимилианом Штернбергом, который также установил, что латеральный краниофарингеальный канал — постоянное анатомическое образование у 3–4-летних детей, но частота встречаемости этого канала у взрослых составляет лишь 4 %. В 2009 г. P.V. Tomazic и соавт. сообщили о 5 случаях СНЛ, при которых фистула локализовалась в области канала Штернберга [32]. В своей статье 2014 г. E. Illing и соавт., наоборот, опровергают тот факт, что канал Штернберга может быть значимым фактором в развитии СНЛ, указывая на главенст-



**Рис. 3.** Гигантская пролактинома, прорастающая в клиновидную пазуху (D. Abe и соавт. [34])

**Fig. 3.** Giant prolactinoma growing into the sphenoid sinus (D. Abe et al. [34])

вуюющую роль ИВГ и арахноидальных вдавлений [17]. А.С. Лопатин и соавт. [33] в статье 2014 г. на основании обзора литературы и собственного опыта лечения СНЛ отмечают превалирующую роль гиперпневматизации основной кости в образовании ликворных фистул, однако при 95,4 % успешных исходов в 5 из 8 случаев рецидива СНЛ источник ликвореи локализовался именно в заднелатеральных отделах пазухи, т.е. в той области, где может открываться канал Штернберга. Соответственно, данный анатомический вариант строения должен учитываться при диагностике у пациентов со СНЛ, источник которой находится в латеральных отделах клиновидной пазухи.

Рассмотрим варианты СНЛ, ассоциированной с опухолями головного мозга. В 2020 г. D. Abe и соавт. [34] опубликовали сообщение о случае СНЛ, вызванной гигантской пролактиномой (рис. 3). Пациента в течение 1 года беспокоили периодическое истечение прозрачной жидкости из носа, головные боли, слабость и тошнота. При дообследовании по данным МРТ головного мозга выявлено гигантское селлярное образование, прорастающее в клиновидную пазуху с разрушением костей основания черепа. Проведено трансназальное эндоскопическое удаление опухоли с пластикой дефекта основания черепа; по данным гистологического исследования объемного образования – пролактинома.

В литературе встречаются описания клинических случаев СНЛ, вызванной инвазивным ростом хордом ската [23, 35, 36]. Во всех случаях поводом для дообследования явился дебют НЛ, а в одном случае – развитие бактериального менингита. При КТ- и МРТ-диагностике выявлялись инвазирующие кость в области ската опухоли, ликворные фистулы открывались в клиновидную пазуху.

В 2001 г. С.-L. Liang и соавт. представили клиническое наблюдение СНЛ, опосредованно вызванной у пациента гигантской менингиомой задней трети фалькса [9]. В дебюте заболевания у пациента наблюдалась спутанность сознания, которая регрессировала через сутки после начала НЛ. При дообследовании была выявлена гигантская опухоль задней трети фалькса, а также повышенная пневматизация основной пазухи и костный дефект в ее латеральной стенке. В данном клиническом наблюдении отмечается сочетание 2 провоцирующих факторов СНЛ – повышенное ВЧД за счет интракраниальной опухоли и гиперпневматизация клиновидной кости.

Поскольку СНЛ возникает из-за дефекта костей основания черепа, важным предрасполагающим фактором развития СНЛ может служить снижение плотности костей (остеопения) в результате наследственных или гормональных причин, однако в литературе этот аспект практически не освещен [11]. В 2001 г. M. Ozveren и соавт. [37] опубликовали случай пациентки 39 лет со СНЛ на фоне хронической почечной недостаточности, вызвавшей остеопению. По данным этой работы, хроническая почечная недостаточность может становиться причиной изменения структуры костей у 5–30 % пациентов, которым проводится почечный диализ. У этой группы пациентов возникает так называемая остеодистрофия за счет снижения гастроинтестинальной абсорбции кальция, недостаточности витамина D, повышения содержания паращитовидного гормона. У пациентки на фоне остеопении была истончена решетчатая пластинка и увеличены отверстия, через которые проходят обонятельные нервы, что косвенно свидетельствует об остеодеструкции. В последующем это было подтверждено результатами

денситометрии и лабораторными данными, кроме того, у пациентки был выявлен СПТС. Возможно, через увеличенные отверстия решетчатой пластинки происходит пролабирование ТМО с ее повреждением и развитием ликвореи. Таким образом, остеопения различной этиологии (хроническая почечная недостаточность, гиперкортицизм различной этиологии, постменопаузальный синдром) может быть фактором образования ликворной фистулы в области решетчатой кости, особенно в сочетании с ИВГ и СПТС.

### КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА

Основным симптомом СНЛ является одно- или двухстороннее истечение бесцветной прозрачной жидкости из носа, а также истечение жидкости по задней стенке глотки. Ринорея может быть постоянной или периодической, зависящей от положения тела, беспокоящей пациента от нескольких дней до нескольких лет [8, 9, 35]. Клиническая картина может быть представлена острым менингитом в дебюте заболевания, либо могут быть выявлены анамнестические данные перенесенного ранее менингита [18]. Остальные симптомы можно разделить на 2 основные группы: ассоциированные с повышенным ВЧД (головные боли, зрительные нарушения, пульсирующий шум в ушах) и связанные с пониженным ВЧД, особенно у пациентов с активной макроликвореей (ортостатическая головная боль, напряжение мышц шеи, головокружения, тошнота и рвота) [1, 18]. Стоит отметить, что зачастую происходят ошибки при диагностике СНЛ из-за сходства клинической картины с аллергическим ринитом и синуситом (истечение жидкости из носа, головная боль, слабость) [6, 10].

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДИАГНОЗ

В большинстве случаев обследование пациентов с назальной макроликвореей начинается с осмотра лор-врачом. Исследование носовой полости, рото- и носоглотки позволяет заподозрить ликворею, если же оно дополнено эндоскопическим обследованием околоносовых пазух, то иногда и выявить дефект. При обследовании евстахиевых труб и барабанных перепонок возможно определить причину НЛ, исходящей из ушной полости [1]. Скрытую НЛ зачастую не удастся выявить в процессе визуального осмотра. При сомнительных результатах визуальных исследований проводить модифицированную пробу Вальсальвы не рекомендуется из-за риска увеличения дефекта и возможного развития пневмоцефалии [38]. Также пациентам со СНЛ рекомендован осмотр офтальмолога, исследование глазного дна для выявления признаков внутричерепной гипертензии [1].

В случаях, когда требуется дифференциальная диагностика между НЛ и ринитом/синуситом, в зарубежной практике используется анализ отделяемой жидкости

на  $\beta_2$ -трансферрин – белок, специфичный для спинномозговой жидкости. Чувствительность метода достигает 100 %, специфичность – около 95 %. Альтернативой анализу на  $\beta_2$ -трансферрин является определение  $\beta$ -трейс-протеина, концентрация которого в спинномозговой жидкости также достаточно велика [39]. Метод исследования отделяемого из носа на наличие глюкозы и ее концентрации, по данным D. T. M. Chan и соавт. [40], обладает значительно более низкой чувствительностью и специфичностью по сравнению с анализом на  $\beta_2$ -трансферрин и не рекомендуется к использованию. Однако в России и странах СНГ анализ на  $\beta_2$ -трансферрин не является общедоступным методом диагностики, поэтому исследование на наличие глюкозы и ее концентрации остается актуальным. Известно, что концентрация глюкозы в ЦСЖ примерно в 2 раза ниже, чем в крови, и в норме составляет 2,2–3,9 ммоль/л, что выше, чем в нормальном носовом секрете или в слезной жидкости. Исследование глюкозы в выделениях из носа у пациентов с подозрением на НЛ может применяться как диагностический метод, если известно, что образец не содержит крови, пациент имеет нормальный уровень глюкозы в крови и нет признаков вирусной инфекции дыхательных путей [41].

Основным методом инструментальной диагностики, позволяющим в большинстве случаев определить локализацию дефекта, является КТ высокого разрешения с толщиной срезов 1–2 мм [42]. Главные достоинства этого метода – высокая точность, неинвазивность, доступность, возможность дополнительной оценки признаков ИВГ, анатомии пазух и предоперационного планирования. Данный метод рекомендуется в большинстве работ в качестве 1-й линии диагностики СНЛ [1, 42, 43]. Если по данным нативной КТ головного мозга и костей черепа дефект выявить не удалось, в качестве 2-й линии инструментальной диагностики применяется КТ- и магнитно-резонансная

(МР) цистернография. КТ-цистернография, по мнению многих авторов, – устаревший метод диагностики ликворных фистул, и по данным сравнительных исследований, точность этого метода уступает МР-цистернографии [42, 44]. Очевидно, что КТ-цистернография является инвазивным методом диагностики с необходимостью проведения люмбальной пункции, интратекального введения контрастных препаратов и вытекающими из этого рисками осложнений. Данный метод диагностики рекомендуется использовать лишь при невозможности проведения МР-цистернографии или при отрицательных результатах других исследований. В свою очередь, МР-цистернография является распространенным методом визуализации ликворных фистул. Это неинвазивное исследование, не требующее интратекального введения контраста, позволяющее как подтвердить наличие ликвореи, так и выявить зону дефекта по характерному яркому сигналу от ЦСЖ на T2-взвешенных изображениях. Также рекомендуется применение режима FLAIR, который позволяет дифференцировать ЦСЖ (гипоинтенсивный сигнал) и воспаление/отек (гиперинтенсивный сигнал), режимов FIESTA и CISS, которые обеспечивают высокую контрастность между ЦСЖ и другими структурами головного мозга. Сочетание КТ высокого разрешения и МР-цистернографии применяется при спорных результатах одного из этих методов и позволяет локализовать дефект в большинстве случаев [1].

Согласно работе G. M. Oakley и соавт. [42], посвященной современным методам диагностики НЛ, алгоритм лабораторно-инструментального обследования больных со СНЛ должен быть следующим (рис. 4). При отрицательных результатах всех методов диагностики рекомендовано дальнейшее наблюдение за пациентами.

По нашему мнению, из представленного алгоритма можно исключить анализ на  $\beta_2$ -трансферрин в случаях очевидной макроликвореи ввиду высокой стоимости

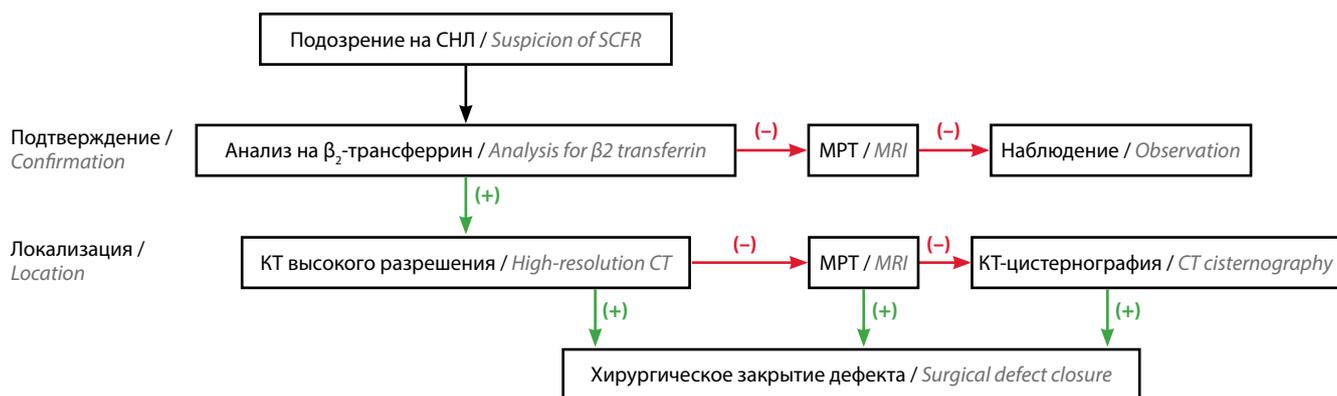


Рис. 4. Алгоритм диагностики ликвореи по G. M. Oakley и соавт. [42]. СНЛ – спонтанная назальная ликворея; МРТ – магнитно-резонансная томография; КТ – компьютерная томография

Fig. 4. Algorithm of cerebrospinal fluid leak diagnosis per G. M. Oakley et al. [42]. SCFR – spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea; MRI – magnetic resonance imaging; CT – computed tomography

и ограниченной доступности этого метода диагностики.

### ЛЕЧЕНИЕ

Консервативное лечение СНЛ направлено на снижение ликворного давления, уменьшение секреции ликвора и создание благоприятных условий для закрытия фистулы. Оно включает постельный режим в течение 1–2 нед, люмбальные пункции или люмбальный дренаж с удалением до 150 мл ликвора в сутки для снижения ВЧД. Также могут использоваться диуретические препараты для снижения секреции ЦСЖ. По поводу необходимости профилактического применения антибактериальных препаратов пока не существует единого мнения. Ввиду отсутствия проспективных контролируемых исследований этот вопрос остается открытым [11]. Консервативное лечение СНЛ может проводиться на начальном этапе, когда существует вероятность ее самопроизвольного разрешения, однако в связи со склонностью к рецидивированию СНЛ длительная консервативная терапия может привести к развитию осложнений.

Многие специалисты сходятся во мнении, что спонтанная ликворная фистула даже при непостоянном истечении ликвора должна быть закрыта хирургически в максимально короткие сроки от момента постановки диагноза [1, 45]. Такой подход позволяет минимизировать риски развития инфекционных и других осложнений, в том числе жизнеугрожающих.

Существует множество различных хирургических доступов к дефектам основания черепа и техник их закрытия. В зависимости от локализации дефекта, его размера и опыта хирурга используют открытые, трансназальные видеоэндоскопические и комбинированные доступы. При закрытии дефекта аутоотканями используют свободные лоскуты и кровоснабжаемые лоскуты на ножке. Кроме того, применяют искусственные герметики.

Стандартным открытым доступом к дефектам передней черепной ямки, используемым как при травматических фистулах, так и при спонтанных, является бифронтальный доступ. Он используется при дефектах в области решетчатой пластинки [37] и задней стенки лобной пазухи [46], в случае множественных дефектов и при невозможности применения видеоэндоскопии. После бикоронарного разреза проводят выделение надкостничного лоскута, который откидывают кпереди, сохраняя его кровоснабжение из надглазничных и надблоковых артерий. Выполняют бифронтальную краниотомию, экстрадуральный или интрадуральный подход к передней черепной ямке, локализуют дефект. При экстрадуральном доступе достигается лучшая визуализация передней черепной ямки, отсутствует прямое воздействие на головной мозг. Стоит отметить, что при данном доступе существует высокий риск повреждения обонятельных нервов в области решетчатой

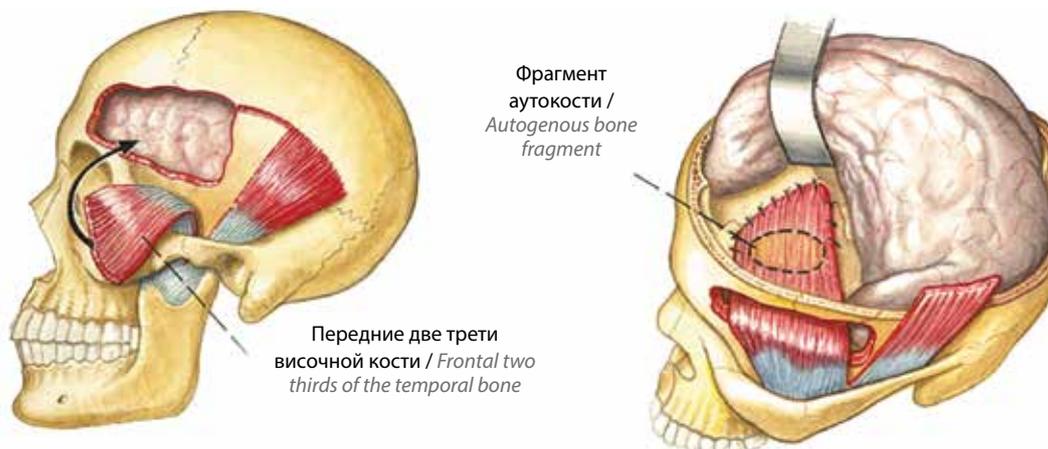
пластинки, хотя имеются данные литературы о пластике дефекта этой области с сохранением обонятельных нервов [37]. Дуральный дефект ушивают, возможна дополнительная герметизация фибриновым клеем [47]. Закрытие костного дефекта преимущественно выполняется несколькими слоями [48]. Может проводиться тампонада дефекта аутожиром, свободными лоскутами фасции височной мышцы или фрагментами мышцы (рекомендуется для закрытия дефектов размером <5 мм [48]), используют фибриновый клей, искусственные импланты (ТахоКомб, Synthecel Dura Repair, DuraGen) [48], костный цемент из гидроксиапатита [49]. Сверху укладывают надкостничный лоскут, что особенно рекомендуется делать при дефектах размером >5 мм и при множественных дефектах – это позволяет увеличить площадь пластики. При использовании надкостничного лоскута на ножке во время установки костного лоскута на место необходимо оставлять пространство между костным лоскутом и надглазничным краем, чтобы сохранить кровоснабжение надкостничного лоскута [46].

Для дефектов в области височной кости и больших крыльев основной кости используют открытые доступы к средней черепной ямке – птериональный и подвисочный с передней петрозэктомией [20]. Данные доступы позволяют визуализировать основание черепа на стороне доступа, выполнить пластику множественных дефектов, а также дефектов крыши барабанной полости [48]. В статье М.А. Lesavoy и соавт. [47] описана техника пластики из птерионального/подвисочного доступов с помощью лоскута височной кости. При данной методике выполняют диссекцию передних 2/3 височной мышцы, которую укладывают через отверстие краниотомии на основание черепа (рис. 5).

Открытые доступы обеспечивают хорошую визуализацию дефектов основания черепа, особенно множественных. Однако эти доступы являются более травматичными по сравнению с видеоэндоскопическими трансназальными, которые более предпочтительны при спонтанных фистулах передней черепной ямки в большинстве случаев. По данным литературы [45], успешность эндоскопической пластики в целом составляет >90 %, при этом частота осложнений составляет <1 %. Следует также учитывать тот факт, что при дефектах задней стенки лобной пазухи использование видеоэндоскопии ограничено [50].

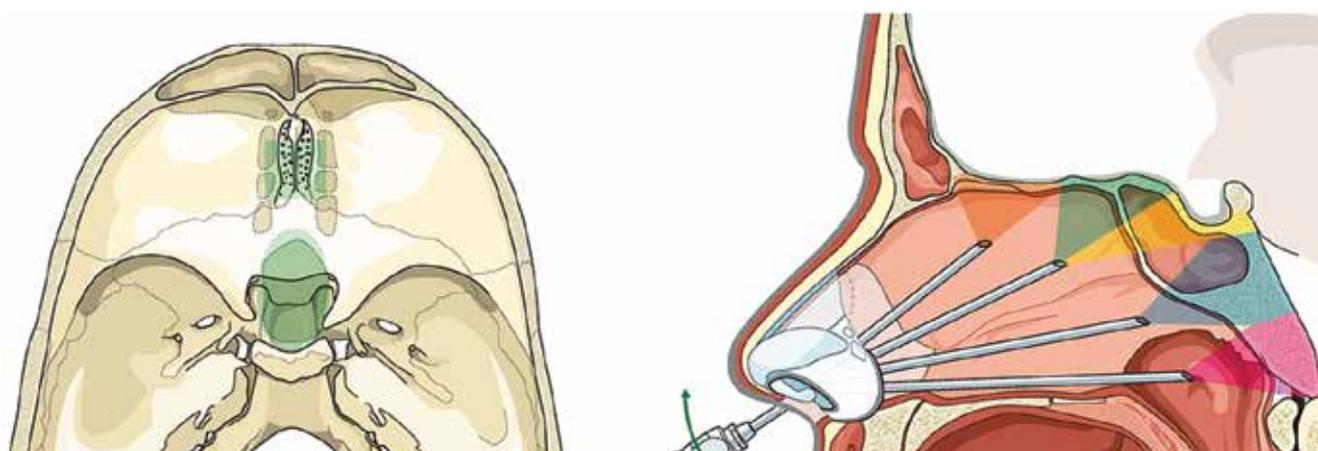
В литературе трансназальные видеоэндоскопические доступы для закрытия спонтанных дефектов основания черепа в основном подразделяют на прямые парасептальные и доступы через крылонебную ямку. Прямой доступ может использоваться при спонтанных фистулах в области решетчатой кости, турецкого седла, ската, т.е. в областях, близких к средней линии (рис. 6) [51].

Доступы через крылонебную ямку, в свою очередь, позволяют работать в латеральных отделах основной



**Рис. 5.** Пластика дефекта средней черепной ямки лоскутом височной мышцы по М.А. Lesavoy и соавт. [47]

**Fig. 5.** Reconstruction of a defect of the middle cranial fossa using a temporalis muscle flap per M.A. Lesavoy et al. [47]



**Рис. 6.** Анатомические зоны, доступные при прямом трансназальном видеоэндоскопическом доступе [51]

**Fig. 6.** Anatomical zones accessible during transnasal video-endoscopic access [51]

пазухи прямыми инструментами [52]. При данном доступе выполняют резекцию крючковидного отростка, расширяют соустье верхнечелюстной пазухи кзади, широко вскрывают задние клетки решетчатого лабиринта. Далее расширяют естественное соустье клиновидной пазухи, удаляют заднюю стенку верхнечелюстной пазухи и переднюю стенку клиновидной пазухи, которая является задней стенкой крылонебной ямки, получая таким образом возможность для доступа к латеральным отделам основной пазухи прямыми инструментами (рис. 7).

Применяется оптика 0°, 30° и 45°. Для точной локализации дефекта широко используют нейронавигацию, пред- и интраоперационное интратекальное введение флуоресцеина [1, 50]. Однозначного мнения по поводу люмбального дренирования во время операции в литературе нет, применение метода рекомендуется только у пациентов с высоким риском рецидива ликвореи [53].

Существуют 2 основные техники выполнения пластики дефектов при трансназальных доступах – “onlay” и “underlay” [7], а также их комбинация (рис. 8).

Материалом для выполнения пластики могут служить абдоминальный жир, слизистая носовой перегородки, аутокости, полученные при трансназальном доступе, фасциальный и мышечный лоскуты [50], а также искусственные герметики, перечисленные выше. Важный принцип трансназальной пластики – удаление слизистой оболочки вокруг дефекта [1, 50], что способствует адгезии пластического материала.

В послеоперационном периоде рутинным является проведение антибиотикотерапии [54].

Как было упомянуто ранее, после хирургического закрытия спонтанной ликворной фистулы у пациентов могут возникнуть симптомы ИВГ, что требует комбинированного лечения внутричерепной гипертензии в послеоперационном периоде. Также существует мнение, согласно которому все пациенты со СНЛ

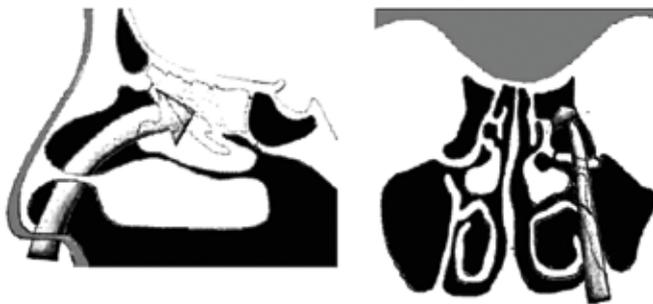


Рис. 7. Доступы к латеральным отделам основной пазухи (D. Locatelli и соавт. [50])

Fig. 7. Accesses to the lateral parts of the sphenoid sinus (D. Locatelli et al. [50])

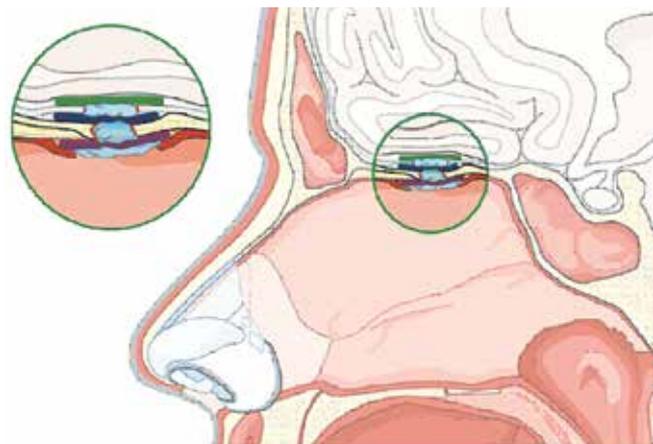


Рис. 8. Техника выполнения пластики дефектов при трансназальных доступах [51]. Зеленым и синим цветом отмечены варианты пластики по методике “underlay”, при которой пластический лоскут помещается под кость на внутренней поверхности дефекта, интракраниально; фиолетовым цветом отмечена пластика “onlay” с лоскутом, расположенным на внешней поверхности дефекта, экстракраниально

Fig. 8. Technique of defect reconstruction through transnasal accesses [51]. Green and blue show “underlay” defect reconstruction technique during which a flap is transferred under the bone on the internal surface of the defect, intracranially; violet color shows “onlay” technique with a flap located on the external surface of the defect, extracranially

должны рассматриваться как пациенты с внутричерепной гипертензией различной этиологии [55]. По данным литературы, для лечения внутричерепной гипертензии у пациентов со СНЛ в послеоперационном периоде применяют ацетазоламид [1, 28, 48, 56], что в большинстве случаев является достаточной мерой контроля ВЧД. В некоторых случаях требуется люмбоперитонеальное и вентрикулоперитонеальное шунтирование [55]. У пациентов с ожирением необходимо достигнуть снижения веса. Перечисленные меры позволяют максимально снизить процент рецидивов ликвореи [57].

### ИСХОДЫ И ПРОГНОЗ

Успех хирургического лечения СНЛ, по данным литературы, достигается более чем в 90 % случаев [18, 57, 58],

однако частота развития рецидивов при данной патологии выше, чем при ликворее другой этиологии [59]. У части пациентов с рецидивом ликвореи требуется повторное эндоскопическое вмешательство, а иногда и открытая операция [18, 37], что может быть связано с наличием не диагностированных перед первичным вмешательством множественных дефектов основания черепа, кроме того, важную роль играет неконтролируемая ИВГ в раннем и позднем послеоперационных периодах. Учитывая относительно частое наличие множественных дефектов у пациентов со СНЛ [25], при рецидивах, вероятно, стоит отдавать предпочтение открытым доступам с более широкой визуализацией передней черепной ямки и возможностью закрытия дефектов на большей площади за счет использования надкостничного лоскута, но этот вопрос требует дальнейших исследований.

### ВЫВОДЫ

Проблематика диагностики и лечения СНЛ становится более актуальной в последние годы, о чем свидетельствует увеличение количества публикаций по данной теме за последние 10 лет. Эта тенденция благоприятно скажется на общей информированности врачей разных специальностей о СНЛ, ведь редкость данной патологии и низкая настороженность врачей приводят к поздней диагностике и повышению рисков осложнений. Решением этой проблемы также могут стать публикации в журналах, посвященных не только нейрохирургии, но и лор-патологии, и выступления на конференциях смежных специалистов. Стоит отметить, что при поиске литературы по теме СНЛ могут возникнуть трудности из-за использования авторами различных названий одной и той же патологии, отсутствия единой общепринятой классификации. В последние годы все больше и больше проясняются этиологические и патогенетические механизмы развития СНЛ, но остается неизвестной частота сочетания этих факторов, как и частота встречаемости СНЛ на 100 тыс. населения. В рамках диагностики спонтанных ликворных фистул уже можно говорить о формировании протоколов обследования, очевидны преимущества КТ высокого разрешения и МР-цистернографии перед более устаревшими и более инвазивными методами диагностики. В вопросах хирургического лечения остается ряд аспектов, требующих более углубленного изучения, в частности необходимо уточнить показания к открытым и эндоскопическим операциям в зависимости от локализации, конфигурации и количества дефектов. Отсутствуют стандартизированная методика закрытия дефектов, а также точные рекомендации по продолжительности назначения и эффективности ацетазоламида в рамках лечения ИВГ. Данные вопросы требуют дальнейшего изучения и проведения ретро- и проспективных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Georgalas C., Oostra A., Ahmed S. et al. International Consensus Statement: spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea. *Int Forum Allergy Rhinol* 2021;11(4):794–803. DOI: 10.1002/alr.22704
- Wise S.K., Schlosser R.J. Evaluation of spontaneous nasal cerebrospinal fluid leaks. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;15(1):28–34. DOI: 10.1097/MOO.0b013e328011bc76
- Har-El G. What is “spontaneous” serebrospinal fluid rhinorrhea? Classification of cerebrospinal fluid leaks. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;108(4):323–6. DOI: 10.1177/000348949910800401
- Mikayilli M., Hasanov T., Otluglu G.D. et al. Spontaneous idiopathic cerebrospinal fluid rhinorrhea. *J Craniofac Surg* 2019;30(7):2265–7. DOI: 10.1097/SCS.00000000000005992
- Giannetti A.V., de Moraes Silva Santiago A.P., Becker H.M., Guimarães R.E. Comparative study between primary spontaneous cerebrospinal fluid fistula and late traumatic fistula. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;144(3):463–8. DOI: 10.1177/0194599810391729
- Ozdogan S., Gergin Y.E., Gergin S. et al. Spontaneous rhinorrhea mimicking sinusitis. *Pan Afr Med J* 2015;20:97. DOI: 10.11604/pamj.2015.20.97.5748
- Filho B.C.A., Butugan O., Pádua F.G., Voegels R.L. Endoscopic repair of CSF rhinorrhea: experience of 44 cases. *Braz J Otorhinolaryngol* 2005;71(4):472–6. DOI: 10.1016/S1808-8694(15)31202-7
- Chen G.Y., Ma L., Xu M.L. et al. Spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea: a case report and analysis. *Medicine* 2018;97(5):e9758. DOI: 10.1097/MD.00000000000009758
- Liang C.-L., Lu K., Lee T.C. et al. Non-traumatic cerebrospinal fluid rhinorrhea indirectly caused by remote brain tumor: a case report and review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg* 2001;103(2):83–6. DOI: 10.1016/S0303-8467(01)00118-4
- Darouassi Y., Mliha Touati M., Chihani M. et al. Spontaneous cerebrospinal fluid leak of the sphenoid sinus mimicking allergic rhinitis, and managed successfully by a ventriculoperitoneal shunt: a case report. *J Med Case Reports* 2016;10(1):308. DOI: 10.1186/s13256-016-1107-0
- Махмуриян М.С. Спонтанная назальная ликворея (предрасполагающие факторы, диагностика и лечение). Дис. ... канд. мед. наук. М., 2015. 256 с.  
Makhmuryan M.S. Spontaneous nasal liquorrhea (predisposing factors, diagnosis and treatment). Dis. ... cand. of medical sciences. Moscow, 2015. 256 p. (In Russ.).
- Rabbani C.C., Saltagi M.Z., Nelson R.F. The role of obesity, sleep apnea, and elevated intracranial pressure in spontaneous cerebrospinal fluid leaks. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2019;27(5):349–55. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000562
- Stucken E.Z., Selesnick S.H., Brown K.D. The role of obesity in spontaneous temporal bone encephaloceles and CSF leak. *Otol Neurotol* 2012;33(8):1412–7. DOI: 10.1097/MAO.0b013e328011bc76
- Nelson R.F., Gantz B.J., Hansen M.R. The rising incidence of spontaneous cerebrospinal fluid leaks in the United States and the association with obesity and obstructive sleep apnea. *Otol Neurotol* 2015;36(3):476–80. DOI: 10.1097/MAO.0000000000000535
- Bartier S., Verillaud B., Guichard J.P. et al. Anatomico-radiological study supporting the use of ipsilateral nasoseptal flap for the transpterygoid management of temporo-sphenoidal meningoceles. A review of 21 cases. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2020;137(1):37–42. DOI: 10.1016/j.anorl.2019.10.006
- Barañano C.F., Curé J., Palmer J.N., Woodworth B.A. Sternberg’s canal: fact or fiction? *Am J Rhinol Allergy* 2009;137(1):167–71. DOI: 10.1016/j.anorl.2019.10.006
- Illing E., Schlosser R.J., Palmer J.N. et al. Spontaneous sphenoid lateral recess cerebrospinal fluid leaks arise from intracranial hypertension, not Sternberg’s canal. *Int Forum Allergy Rhinol* 2014;4(3):246–50. DOI: 10.1002/alr.21262.
- Englhard A.S., Volgger V., Leunig A. et al. Spontaneous nasal cerebrospinal fluid leaks: management of 24 patients over 11 years. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2018;275(10):2487–94. DOI: 10.1007/s00405-018-5089-y.
- Settecase F., Harnsberger H.R., Michel M.A. et al. Spontaneous lateral sphenoid cephaloceles: anatomic factors contributing to pathogenesis and proposed classification. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35(4):784–9. DOI: 10.3174/ajnr.A3744
- Gonen L., Handzel O., Shimony N. et al. Surgical management of spontaneous cerebrospinal fluid leakage through temporal bone defects – case series and review of the literature. *Neurosurg Rev* 2016;39(1):141–50; discussion 150. DOI: 10.1007/s10143-015-0665-8.
- Kutz J.W. Jr., Husain I.A., Isaacson B. et al. Management of spontaneous cerebrospinal fluid otorrhea. *Laryngoscope* 2008;118(12):2195–9. DOI: 10.1097/MLG.0b013e328011bc76
- Chaaban M.R., Illing E., Riley K.O., Woodworth B.A. Spontaneous cerebrospinal fluid leak repair: a five-year prospective evaluation. *Laryngoscope* 2014;124(1):70–5. DOI: 10.1002/lary.24160
- Feng K., Qiuhan Z., Qiuyi Q. Transclival cerebrospinal fluid rhinorrhea as the initial presenting symptom of a tiny intradural chordoma. *J Clin Neurosci* 2010;17(8):1083–5. DOI: 10.1016/j.jocn.2009.12.012
- Lieberman S.M., Chen S., Jethanamest D., Casiano R.R. Spontaneous CSF rhinorrhea: prevalence of multiple simultaneous skull base defects. *Am J Rhinol Allergy* 2015;29(1):77–81. DOI: 10.2500/ajra.2015.29.4121
- Schlosser R.J., Bolger W.E. Spontaneous nasal cerebrospinal fluid leaks and empty sella syndrome: a clinical association. *Am J Rhinol* 2003;17(2):91–6.
- Boyster E. Idiopathic intracranial hypertension. *JAAPA* 2019;32(5):30–5. DOI: 10.1097/01.JAA.0000554732.85914.91
- Pérez M.A., Bialer O.Y., Bruce B.B. et al. Primary spontaneous cerebrospinal fluid leaks and idiopathic intracranial hypertension. *J Neuroophthalmol* 2013;3(4):330–7. DOI: 10.1097/WNO.0b013e328011bc76
- Brazis P. Clinical review: the surgical treatment of idiopathic pseudotumour cerebri (idiopathic intracranial hypertension). *Cephalalgia* 2008;28(12):1361–73. DOI: 10.1111/j.1468-2982.2008.01778.x
- Martínez-Capoccioni G., Serramito-García R., Martín-Bailón M. et al. Spontaneous cerebrospinal fluid leaks in the anterior skull base secondary to idiopathic intracranial hypertension. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274(5):2175–81. DOI: 10.1007/s00405-017-4455-5
- Syed B.A. Nontraumatic (spontaneous) cerebrospinal fluid rhinorrhea from cribriform fistula associated with primary empty sella: report of two cases and literature review. *Ann Saudi Med* 2000;20(1):43–6. DOI: 10.5144/0256-4947.2000.43
- Shetty P.G., Shroff M.M., Fatterpekar G.M. et al. A retrospective analysis of spontaneous sphenoid sinus fistula: MR and CT findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21(2):337–42.
- Tomazic P.V., Stammberger H. Spontaneous CSF-leaks and meningoencephaloceles in sphenoid sinus by persisting Sternberg’s canal. *Rhinology* 2009;47(4):369–74. DOI: 10.4193/Rhin08.236
- Лопатин А.С., Сахокия Н.З., Гасымов Р.М. Спонтанная назальная ликворея и канал Штернберга: научные гипотезы и собственный опыт. *Вестник оториноларингологии* 2014;(1):70–4.  
Lopatin A.S., Sakhokiya N.Z., Gasyimov R.M. Spontaneous nasal liquorrhea and the Sternberg canal: scientific hypothesis and personal experience. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology* 2014;(1):70–4. (In Russ.).
- Abe D., Ogiwara T., Nakamura T. et al. Treatment strategy for giant invasive macroprolactinoma with spontaneous cerebrospinal fluid

- rhinorrhea: a case report and literature review. *World Neurosurg* 2020;144:19–23. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.08.129
35. Ando S., Usuda H., Umeda Y. et al. [A case of chordoma presenting as recurrent bacterial meningitis with cerebrospinal fluid leakage (In Japanese)]. *Rinsho Shinkeigaku* 2019;59(5):264–7. DOI: 10.5692/clinicalneuroi.cn-001272
  36. Quiroz Tejada A.R., Simal-Julían J.A., Pérez de San Román-Mena L. et al. Spontaneous CSF rhinorrhea as a presenting symptom of a clival chordoma. *Neurocirugía (Astur : Engl Ed)* 2021;32(1):41–3. DOI: 10.1016/j.neucir.2019.12.002
  37. Ozveren M.F., Kaplan M., Topsakal C. et al. Spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea associated with chronic renal failure – case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2001;41(6):313–7. DOI: 10.2176/nmc.41.313
  38. Woodside S.S., Metzler M.M. Pneumocephalus associated with inappropriate Valsalva technique. *Aerosp Med Hum Perform* 2019;90(6):566–9. DOI: 10.3357/AMHP.5363.2019
  39. Skedros D.G., Cass S.P., Hirsch B.E., Kelly R.H. Sources of error in use of beta-2 transferrin analysis for diagnosing perilymphatic and cerebral spinal fluid leaks. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;109(5):861–4. DOI: 10.1177/019459989310900514
  40. Chan D.T.M., Poon W.S., IP C.P. et al. How useful is glucose detection in diagnosing cerebrospinal fluid leak? The rational use of CT and Beta-2 transferrin assay in detection of cerebrospinal fluid fistula. *Asian J Surg* 2004;27(1):39–42. DOI: 10.1016/S1015-9584(09)60242-6
  41. Shelesko E.V., Kravchuk A.D., Kapitanov D.N. et al. A modern approach to the diagnosis of nasal liquororrhea. *Zhurnal Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2018;82(3):103–11. (In Russ., Eng.). DOI: 10.17116/neiro2018823103
  42. Oakley G.M., Orlandi R.R., Woodworth B.A. et al. Diagnosis of management of cerebrospinal fluid rhinorrhea: an evidence-based review with recommendations. *Int Forum Allergy Rhinol* 2016;6(1):17–24. DOI: 10.1002/alr.21637
  43. Pool C.D., Patel V.A., Schilling A. et al. Economic implications of localization strategies for cerebrospinal fluid rhinorrhea. *Int Forum Allergy Rhinol* 2020;10(3):419–25. DOI: 10.1002/alr.22501
  44. Eljazzar R., Loewenstern J., Dai J.B. et al. Detection of cerebrospinal fluid leaks: is there a radiologic standard of care? A systematic review. *World Neurosurg* 2019;127:307–15. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.01.299
  45. Allensworth J.J., Rowan N.R., Storck K.A. et al. Endoscopic repair of spontaneous skull base defects decreases the incidence rate of intracranial complications. *Int Forum Allergy Rhinol* 2019;9(10):1089–96. DOI: 10.1002/alr.22399
  46. Archer J.B., Sun H., Bonney P.A. et al. Extensive traumatic anterior skull base fractures with cerebrospinal fluid leak: classification and repair techniques using combined vascularized tissue flaps. *J Neurosurg* 2016;124(3):647–56. DOI: 10.3171/2015.4.JNS1528
  47. Lesavoy M.A., Lee G.K., Fan K., Dickinson B. Split, temporalis muscle flap for repair of recalcitrant cerebrospinal fluid leaks of the anterior cranial fossa. *J Craniofac Surg* 2012;23(2):539–42. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3182418f18
  48. Lobo B.C., Baumanis M.M., Nelson R.F. Surgical repair of spontaneous cerebrospinal fluid (CSF) leaks: a systematic review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol* 2017;2(5):215–24. DOI: 10.1002/lio2.75
  49. Kveton J.F., Coelho D.H. Hydroxyapatite cement in temporal bone surgery: a 10 year experience. *Laryngoscope* 2004;114(1):33–7. DOI: 10.1097/00005537-200401000-00005
  50. Locatelli D., Rampa F., Acchiardi I. et al. Endoscopic endonasal approaches for repair of cerebrospinal fluid leaks: nine-year experience. *Neurosurgery* 2006;58(4 Suppl\_2):ONS-246–56; discussion ONS-256–7. DOI: 10.1227/01.NEU.0000193924.65297.3F
  51. Fusetti S., Hammer B., Kellman R. et al. Endoscopic repair of CSF leak for Skull base fracture, central (anterior). Available at: <https://surgeryreference.aofoundation.org/cm/trauma/skull-base-cranial-vault/skull-base-central-anterior/endoscopic-repair-of-csf-leak>
  52. Al-Nashar I.S., Carrau R.L., Herrera A., Snyderman C.H. Endoscopic transnasal transpterygopalatine fossa approach to the lateral recess of the sphenoid sinus. *Laryngoscope* 2004;114(3):528–32. DOI: 10.1097/00005537-200403000-00026
  53. Doubi A.O., Aljomah D.S., Alhargan A.O., Alfawwaz F.S. The effect of lumbar drains on spontaneous cerebrospinal fluid leak repair. *Neurosciences (Riyadh)* 2018;23(4):281–5. DOI: 10.17712/nsj.2018.4.20180116
  54. Hsu A.K., Singh A., Bury S. et al. Endoscopic cerebrospinal fluid leak closure in an infected field. *Am J Rhinol Allergy* 2015;29(4):305–8. DOI: 10.2500/ajra.2015.29.4171
  55. Teachey W., Grayson J., Cho D.Y. et al. Intervention for elevated intracranial pressure improves success rate after repair of spontaneous cerebrospinal fluid leaks. *Laryngoscope* 2017;127(9):2011–16. DOI: 10.1002/lary.26612
  56. Piper R.J., Kalyvas A.V., Young A.M. et al. Interventions for idiopathic intracranial hypertension. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;8:CD003434. DOI: 10.1002/14651858.CD003434.pub3
  57. Woodworth B.A., Prince A., Chiu A.G. et al. Spontaneous CSF leaks: a paradigm for definitive repair and management of intracranial hypertension. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;138(6):715–20. DOI: 10.1016/j.otohns.2008.02.010
  58. Kretsoulas D.C., Shah V.S., Otto B.A. et al. Surgical outcomes of the endonasal endoscopic approach within a standardized management protocol for repair of spontaneous cerebrospinal fluid rhinorrhea. *J Neurosurg* 2020;134(3):780–6. DOI: 10.3171/2019.12.JNS192891
  59. Schlosser R.J., Bolger W.E. Nasal cerebrospinal fluid leaks: critical review and surgical considerations. *Laryngoscope* 2004;114(2):255–65. DOI: 10.1097/00005537-200402000-00015

#### Вклад авторов

В.А. Антипов, А.А. Каландари: разработка дизайна исследования, поиск и анализ публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

#### Authors' contributions

V.A. Antipov, A.A. Kalandari: research design development, search and analysis of publications on the topic of the article, article writing.

#### ORCID авторов / ORCID of authors

В.А. Антипов / V.A. Antipov: <https://orcid.org/0000-0001-5189-2756>

А.А. Каландари / A.A. Kalandari: <https://orcid.org/0000-0003-4161-0940>

#### 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: 26.06.2022. Принята к публикации: 24.10.2023.

Article received: 26.06.2022. Accepted for publication: 24.10.2023.

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-25-33>

# CAVERNOMAS OF CAVERNOUS SINUS

A.N. Shkarubo<sup>1</sup>, I.V. Chernov<sup>1</sup>, A.A. Veselkov<sup>1</sup>, M.A. Kutin<sup>1</sup>, D.V. Fomichev<sup>1</sup>, O.I. Sharipov<sup>1</sup>, D.N. Andreev<sup>1</sup>, D.S. Kim<sup>1</sup>, A.D. Donskoy<sup>1</sup>, I.S. Klochkova<sup>1</sup>, M.E. Sinelnikov<sup>2</sup>, P.L. Kalinin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16<sup>4th</sup> Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia;

<sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 4, 2 Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow 119991, Russia

**Contacts:** Ilya Valeryevich Chernov [ichernov@nsi.ru](mailto:ichernov@nsi.ru)

**Background.** Cavernoma of cavernous sinus is a fairly rare benign neoplasm, accounting for less than 3 % of all neoplasms in this area. Due to the rarity of this pathology, a standardized protocol for diagnosis or treatment has not been developed. Surgical and radiosurgical methods are used for treatment.

**Aim.** Analysis of the results of treatment of patients with cavernous sinus cavernomas operated at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery from 2000 to 2022 using endoscopic transnasal access.

**Materials and methods.** We present our own experience in the treatment of 9 patients who underwent transnasal endoscopic removal of cavernous sinus cavernoma.

**Results.** A total of about 300 cases of treatment of patients with cavernous sinus cavernomas have been described in the literature, and endoscopic removal has been described in only 12 cases.

As a result, subtotal removal was achieved in 7 cases. In 2 cases, the removal was partial. The postoperative period proceeded in all patients without peculiarities and without complications.

**Conclusion.** Endoscopic transnasal access allows partial or subtotal removal of the formation without risk of injury to cranial nerves and with minimal soft tissue injury, which has a positive effect on the postoperative period of patients. In combination with radiosurgical methods, it is possible to achieve satisfactory treatment results.

**Keywords:** cavernous sinus cavernoma, endoscopic transnasal access, radiosurgical treatment, endoscopic removal of cavernous sinus cavernoma

**For citation:** Shkarubo A.N., Chernov I.V., Veselkov A.A. et al. Cavernomas of cavernous sinus. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):25–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-25-33>

## BACKGROUND

Cavernoma of cavernous sinus is a rare benign neoplasm comprising <3 % of all neoplasms of this area [1, 2]. Clinical symptoms arise when the lesion grows and mass effect develops. Neurological manifestations include diplopia, ptosis, exophthalmos, decreased visual acuity, loss of visual field, endocrinopathy, trigeminal neuralgia. Preoperative diagnosis of the disease, determination of adequate access and subsequently planned volume of resection remain important problems. Radiological signs characteristic of cavernous sinus cavernomas are hypo-/hyperintense signal in T1-weighted images and hyperintense signal in T2-weighted images, as well as pronounced homo- or heterogenous accumulation of the contrast agent “outside in” evaluated using dynamic magnetic resonance sequences [3]. However, preoperative diagnosis is complicated, and planned volume of surgery can change intraoperatively.

Due to the rareness of this pathology, absence of sufficient experience in treatment, anatomically hard to access

location, currently there is no universally accepted treatment tactics for cavernous sinus cavernomas.

The literature describes the following types of treatment: microsurgical resection (including extradural accesses), embolization, stereotactic radiosurgery (gamma knife and radiotherapy fractionation), and combinations of these methods [1, 3–8]. Open intervention does not always results in total resection of cavernoma and is associated with high risk of massive intraoperative hemorrhage and development of sustained postoperative neurological deficit [5, 9, 10].

Currently, the most common treatment method is combination of biopsy/partial resection using pterional/orbitozygomatic or transnasal/transsphenoidal approaches with subsequent radiation [5, 7, 11, 12].

**Aim** of the study is to analyze the results of treatment of patients with cavernous sinus cavernomas who underwent surgery at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery between 2000 and 2022 using endoscopic transnasal access.

## MATERIALS AND METHODS

At the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery between 2000 and 2022, 9 patients (7 men and 2 women) with cavernous sinus cavernomas and preoperative suspicions of various tumors of this location were operated on using endoscopic transnasal access (Table 1). Mean age of the patients was 47 years (minimum 29, maximum 60 years). In every case, cavernoma was located either in the right or in the left cavernous sinus. The most common clinical manifestation was diplopia due to involvement of the cranial nerve III – 8 cases. In 3 cases, tunnel vision was observed, in 1 case – decreased visual acuity, in 2 cases patients suffered headaches, in 1 case no symptoms were present.

All patients underwent hormone blood tests before surgery and 7 and 30 days after (prolactin, thyrotropin-releasing, luteinizing and follicle-stimulating hormones, free thyroxine (T4), cortisol, testosterone, estradiol, insulin-like growth factor 1 (somatomedin C) were measured).

## RESULTS

All patients underwent endoscopic transnasal surgery. After accessing the sphenoid sinus, the sella turcica and the frontal wall of the cavernous sinus were trepanned. In all cases, the neoplasm consisted of dense cord-like tissue resembling stromal component of meningiomas. Resection was performed using various curettes, forceps. However, considering location in the cavernous sinus, dense structure and attachment to the internal carotid artery, dissection from the internal carotid artery was extremely dangerous due to risk of its injury. As a result, in 7 cases subtotal resection was achieved, in 2 cases resection was partial. Postoperative period was uneventful and without complications in all patients.

In 2 patients, double vision decreased; in 1 patient, obvious improvements were observed after half a year (diplopia regressed and headaches stopped). All patients were referred to radiosurgical treatment after surgery: 2 of 8 patients completed it successfully, and at the time of follow-up their symptoms regressed fully. With 6 of 8 patients contact was lost, but 5 of them underwent radiation according to medical records.

In 44 % cases (in 4 patients), there were no endocrine abnormalities prior to surgery. In other cases, pituitary abnormalities remained the same after surgical treatment (see Table 1). Diabetes insipidus was absent in all observations both before and after surgical intervention. Patients with pituitary hormone deficiency were prescribed hormonal replacement therapy.

**Clinical case.** *Patient S. was admitted into the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery with complaints of double vision when looking sideways. Ophthalmologist observed paresis of the abducens nerve on the right. Magnetic resonance imaging showed lesion of the sella turcica with growth into the right cavernous sinus which was considered endo-supra-laterosellar tumor of the pituitary gland (Fig. 1).*

*During endoscopic transnasal surgery the smaller part of the tumor was resected. The part closely attached to the internal carotid artery was left intact. In the postoperative period, neurological status did not show any dynamics. No complications were observed.*

*Histological examination showed fragments consisting of complexes of vascular cavities with various levels of blood filling separated by connective tissue partitions (Fig. 2).*

*Control computed tomography showed no complications (Fig. 3). The patient was discharged in satisfactory condition and referred for radiosurgical treatment.*

## DISCUSSION

Diagnosis of cavernous sinus cavernomas is rare (below 3 % of all cases of neoplasms of the cavernous sinus) which can lead to incorrect preoperative diagnosis [1, 6, 10]. Clinical picture is nonspecific and identical to manifestations of any expansive process in this location [2, 9, 10, 13–15]. In our case series (as well as in literature), the most common cause of seeking medical help was diplopia caused by involvement of the abducens and/or oculomotor nerve. We did not suspect cavernoma in any of the cases. Preoperative diagnoses were meningioma or pituitary adenoma. According to literature data, in about 70 % of cases [1, 10] correct diagnosis can be established prior to surgery using such characteristic signs as hypo-/hyperintense signal in T1-weighted images and hyperintense signal in T2-weighted images, marked hyperintense FLAIR signal, as well as irregular accumulation of the contrast agent [3, 14, 16, 17]. More precise diagnosis is achieved through angiography (computed tomography or cerebral angiography) [2, 3, 18]. In most cases, filling of the cavities of the cavernous malformation with the contrast agent, increased perfusion coefficient, blood flow sources can be detected. Differential diagnosis is performed with meningioma, pituitary adenoma, chordoma, neurinoma [2, 19–22].

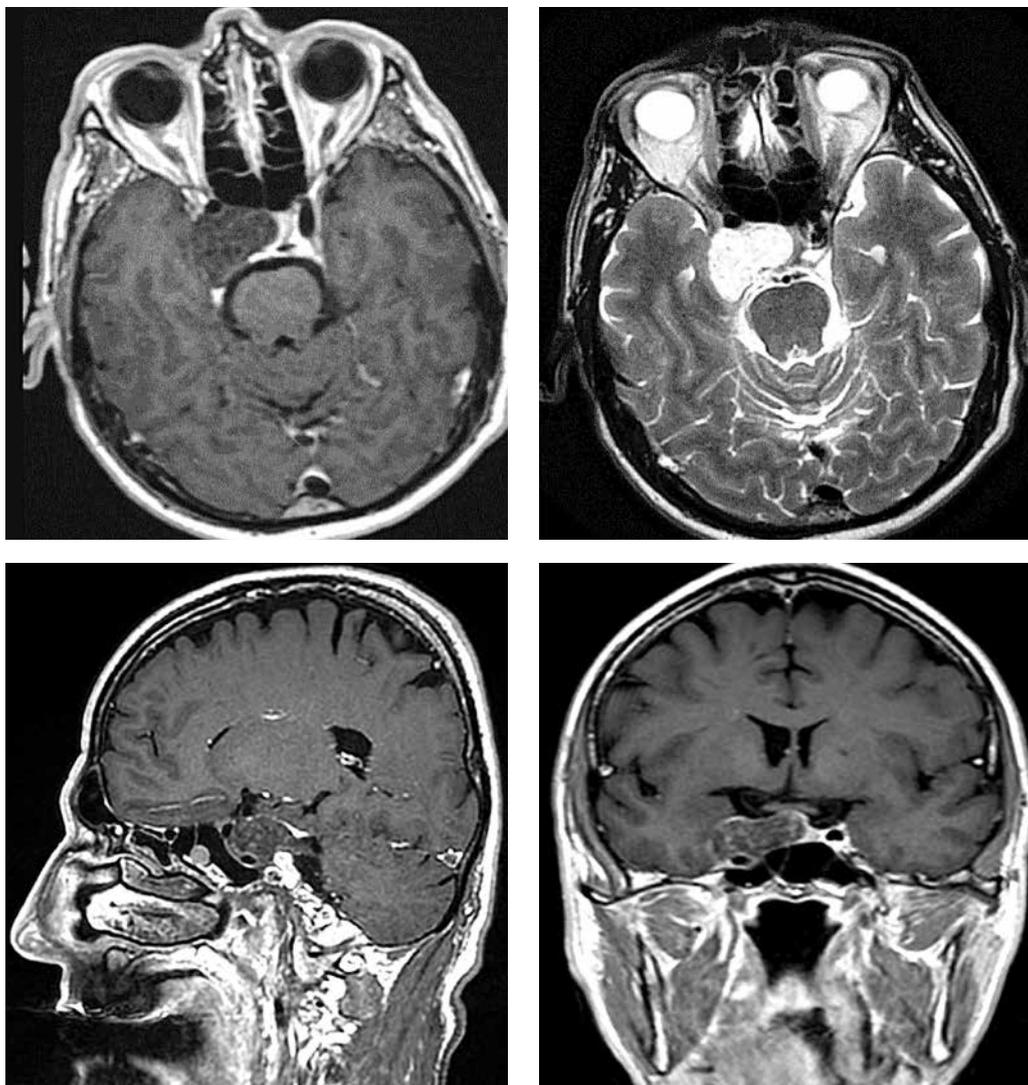
In differential diagnosis, in our and other authors' experience, the main pathology of the chiasm and sellar region which can be confused with cavernoma per radiological characteristics is meningioma [1, 20]. L. Burrioni et al. reported on the effectiveness of scintigraphy with <sup>99m</sup>Tc-labeled red blood cells (<sup>99m</sup>Tc RBC scintigraphy) [23] which shows typical for cavernomas discrepancy between perfusion blood pool and red blood cell accumulation in cavernous sinus lesion. This method has 100 % sensitivity and 88.9 % specificity for cavernoma diagnosis. Therefore, this technique allows to eliminate meningioma diagnosis and refer patients directly to radiosurgical treatment. If this examination is unavailable and the specialists do not have sufficient experience, erroneous diagnoses are inevitable.

Due to the rareness of this pathology, there is no universally accepted approach to treatment of such patients (Table 2). Due to high effectiveness of radiosurgical treatment, the optimal tactics are diagnosis per radiological data and radiosurgical treatment.

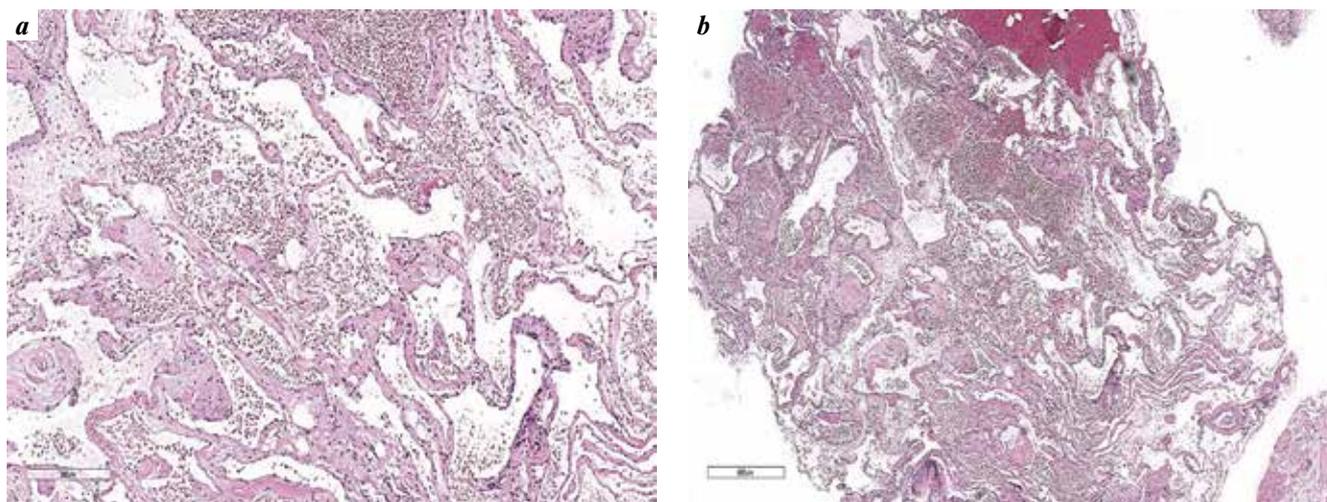
**Table 1.** Data of patients with cavernomas of the cavernous sinus who underwent treatment at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia, between 2000 and 2022

Sex	Age, years	Lesion location	Symptoms	Surgical access	Outcome	Resection radicality	Complications	RS	Hormonal abnormalities
Male	58	ST and RCS	Diplopia	ETTA	Improvement	Subtotal	None	Waiting	No
Male	29	RCS	Diplopia, eye pain	ETTA	No dynamics	Subtotal	None	+	No
Male	46	ST and RCS	Visual impairment, cross eye	ETTA	No dynamics	Subtotal	None	+	No
Female	59	ST and RCS	Headache, diplopia, visual field deficit	ETTA	No dynamics	Subtotal	None	+	SHT (before, after surgery)
Male	36	ST and LCS	Diplopia	ETTA	No dynamics	Partial	None	+	SHT (before, after surgery)
Male	60	ST and LCS	Diplopia, visual field deficit	ETTA	Improvement	Subtotal	None	+	No
Male	43	ST and RCS	Diplopia, visual field deficit	ETTA	No dynamics	Subtotal	None	+	PH (before, after surgery)
Male	39	LCS	Headache, diplopia, endocrine symptoms	ETTA	No dynamics after surgery, decreased complaints after 6 months	Partial	None	+	SHT, SHG (before, after surgery)
Female	60	RCS	Asymptomatic	ETTA	No dynamics	Subtotal	None	+	PH (before, after surgery)

*Note.* ST – sella turcica; RCS – right cavernous sinus; LCS – left cavernous sinus; ETTA – endoscopic transnasal transphenoidal access; RS – radiosurgery; SHT – secondary hypothyroidism; SHG – secondary hypogonadism; PH – panhypopituitarism.



**Fig. 1.** Magnetic resonance imaging of patient *S.* prior to surgery. In T1-weighted images, the lesion has homogeneous isointense signal. In T2-weighted and FLAIR images, the signal is hyperintense and also homogeneous. Contrast agent accumulation is inhomogeneous



**Fig. 2.** Histological slide. Hematoxylin and eosin staining,  $\times 400$  (a),  $\times 300$  (b). Microscopic examination shows fragments represented by a complex of vascular cavities with varying blood content; the cavities have endothelial lining, are separated by connective tissue partitions

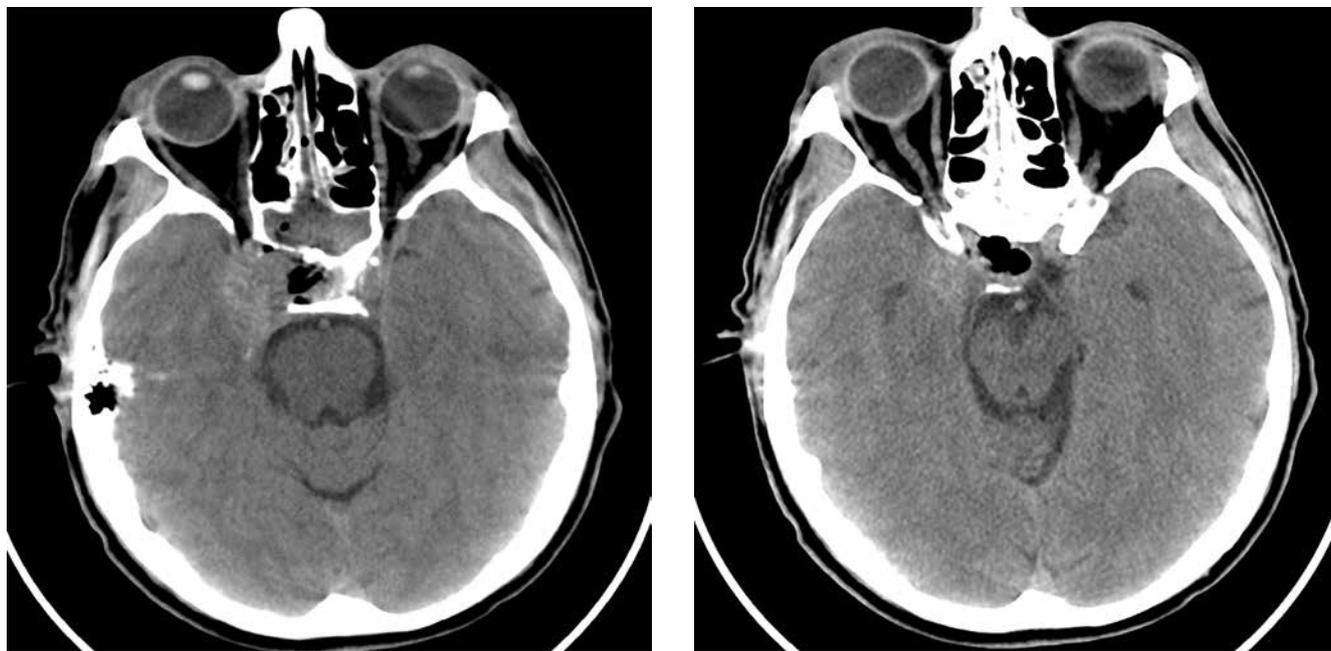


Fig. 3. Computed tomography of patient S. immediately after surgery. Partial resection of the lesion

For morphological confirmation of the diagnosis in cases of ambiguous radiological data, biopsy or cavernoma resection are required. Open and endoscopic interventions are used. Intraoperatively, the vascular nature of the tumor becomes obvious, and due to density of the neoplasm and close attachment to the surrounding structures intervention is limited to partial or subtotal resection [5, 9, 10]. It should be noted that according to literature data, in transcranial accesses total resection of the lesion is more common than in endoscopic transnasal approach (see Table 2). Among transcranial accesses, the most common are fronto-temporal or orbitozygomatic accesses with extradural or intradural approaches. Considering the direction of transcranial accesses from the lateral parts of the cavernous sinus to the medial, there is a risk of worsening neurological symptoms. Additionally, many authors note pronounced hemorrhage during cavernoma resection which can destabilize patient's condition, lead to their stay at the intensive care unit and subsequently increased risks of postoperative complications.

We have found 12 cases of using endoscopic transnasal access for treatment of patients with this pathology [5, 8, 11–13, 19–21]. Obvious advantages of transnasal surgery are lower injury rate and ability to obtain histological material without passing cranial nerves during approach to the lesion. In endoscopic transnasal access, hemorrhage from cavernous angioma can be managed with modern hemostatic materials and, in our opinion, it does not limit the use of this approach. Radical resection during endoscopic transnasal approach is not described in the literature, and in our case series we also could not achieve it in any of the

cases. However, frequency of radical resection is also low in open surgery, and the necessity of radiosurgical treatment in all cases of nonradical resection levels out this advantage of open surgery [2, 11].

For radiosurgical treatment, symptom regression is observed after a minimum of 3 months in 2/3 of patients. Deterioration of neurological status during radiation was not described in any of the articles despite theoretical risk of hemorrhage. However, long-term complications in the form of ocular nerve neuritis, demyelination processes, hemorrhage into the cavernoma were reported [4, 22, 24].

### CONCLUSION

A number of articles as well as our own case series were analyzed, and we found that transcranial approach more frequently leads to radical resection of the lesion but considering injury rates of this surgery and the necessity of radiation treatment in most cases, the choice of transcranial access is not always justified. In cases of incomplete resection of the lesion, all patients with cavernous sinus cavernomas should be referred for radiosurgical treatment which in cases of correct preoperative diagnosis and low chance of radical resection allows to leave out surgical stage. In cases of erroneous preoperative diagnosis and surgical treatment, the decision of resection radicalness should be made in every case taking into account location and volume of the cavernoma, intraoperative hemorrhage, relation to critically important structures. Endoscopic transnasal access allows to perform partial or subtotal resection without the risk of injuring the cranial nerves and with minimal injury of the soft tissues which positively affects postoperative period.

Table 2. Worldwide experience in treatment of patients with cavernomas of the cavernous sinus

Authors, year	Number of patients	Treatment methods (number of cases)				Resection volume (number of cases)			Mean volume after RS, %	
		RS	TR	ER	TR + RS	ER + RS	Total	Subtotal		Partial
A. Suri et al., 2007 [7]	7		7				6		1	
Y.-H. Yin et al., 2013 [9]	22		22				13	8	1	
Z.-H. Li et al., 2019 [5]	47		43	4			23	14	6	
L.-F. Zhou et al., 2003 [10]	20		20				12	8		
X. Wang et al., 2012 [2]	14	14								23
Y. Wang et al., 2016 [16]	34	34								28
Z. Xin et al., 2020 [25]	54	54								17
X. Tang et al., 2015 [8]	53	36			15	2		17		39.8
S. Bansal et al., 2014 [1]	22	8	13		1		12	1	1	
P. Li et al., 2012 [4]	16	12			4					37.5
F. Montoya et al., 2021 [3]	12	2	3		2			1	4	
D. Noblett et al., 2018 [11]	2				1	1			2	
S. Das et al., 2018 [19]	2			2				2		
A. Akammar et al., 2021 [13]	1			1				1		
D. Ibrahim et al., 2019 [26]	1		1						1	
Z.I. Hasiloglu et al., 2013 [20]	1			1					1	
L. Schwyzer et al., 2017 [22]	1	1								
S. Hori et al., 2010 [21]	1							1		
Total number of cases	310	161	109	8	23	4	66	53	17	

Note. RS – radiosurgical treatment; TR – transcranial resection; ER – endoscopic resection.

## REFERENCES

- Bansal S., Suri A., Singh M. et al. Cavernous sinus hemangioma: a fourteen year single institution experience. *J Clin Neurosci* 2014;21(6):968–74. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.09.008
- Wang X., Mei G., Liu X. et al. The role of stereotactic radiosurgery in cavernous sinus hemangiomas: a systematic review and meta-analysis. *J Neurooncol* 2012;107(2):239–45. DOI: 10.1007/s11060-011-0753-8
- Montoya F., Vidal A., Sepulveda F. et al. Cavernous sinus hemangioma: imaging diagnosis and surgical considerations. *World Neurosurg* 2021;146:e30–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.09.153
- Li P., Ren H., Zhang S., Wang W. Clinical results of Gamma Knife surgery for cavernous sinus hemangiomas. *J Neurosurg* 2012;117(Suppl):89–95. DOI: 10.3171/2012.7.GKS12992
- Li Z.-H., Wu Z., Zhang J.-T., Zhang L.-W. Surgical management and outcomes of cavernous sinus hemangiomas: a single-institution series of 47 patients. *World Neurosurg* 2019;122:e1181–94. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.015
- Simard J.M., Garcia-Bengochea F., Ballinger W.E. Jr. et al. Cavernous angioma: a review of 126 collected and 12 new clinical cases. *Neurosurgery* 1986;18(2):162–72. DOI: 10.1227/00006123-198602000-00008
- Suri A., Ahmad F.U., Mahapatra A.K. Extradural transcavernous approach to cavernous sinus hemangiomas. *Neurosurgery* 2007;60(3):483–8; discussion 488–9. DOI: 10.1227/01.NEU.0000255333.95532.13
- Tang X., Wu H., Wang B. et al. A new classification and clinical results of Gamma Knife radiosurgery for cavernous sinus hemangiomas: a report of 53 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 2015;157(6):961–9; discussion 969. DOI: 10.1007/s00701-015-2417-5
- Yin Y.-H., Yu X.-G., Xu B.-N. et al. Surgical management of large and giant cavernous sinus hemangiomas. *J Clin Neurosci* 2013;20(1):128–33. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.01.050
- Zhou L.-F., Mao Y., Chen L. Diagnosis and surgical treatment of cavernous sinus hemangiomas. *Surg Neurol* 2003;60(1):31–6; discussion 36–7. DOI: 10.1016/S0090-3019(03)00190-3
- Noblett D., Chang J., Toussi A. et al. Hemangioma of the cavernous sinus: a case series. *J Neurol Surg Rep* 2018;79(2):e26–30. DOI: 10.1055/s-0038-1641731
- Rubino F., Eichberg D.G., Shah A.H. et al. Is endoscopic resection a useful technique for a cavernous sinus sellar cavernoma? A case report and literature review. *Br J Neurosurg* 2021;1–8. Online ahead of print. DOI: 10.1080/02688697.2021.1958154
- Akammer A., Sekkat G., Kolani S. et al. Unusual cause of binocular diplopia: cavernous sinus hemangioma. *Radiol Case Reports* 2021;16(9):2605–8. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.06.042
- Gliemroth J., Missler U., Sepehrnia A. Cavernous angioma as a rare neuroradiologic finding in the cavernous sinus. *J Clin Neurosci* 2000;7(6):554–7. DOI: 10.1054/jocn.2000.0697
- Wang X., Liu X., Mei G. et al. Phase II study to assess the efficacy of hypofractionated stereotactic radiotherapy in patients with large cavernous sinus hemangiomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012;83(2):e223–30. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2011.12.051
- Wang Y., Li P., Zhang X.J. et al. Gamma Knife surgery for cavernous sinus hemangioma: a report of 32 cases. *World Neurosurg* 2016;94:18–25. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.06.094
- Shah R., Naddimpalli S. Key imaging characteristics for preoperative identification of cavernous sinus hemangioma. *Radiol Case Rep* 2015;10(1):1013. DOI: 10.2484/rcr.v10i1.1013
- Numaguchi Y., Kishikawa T., Fukui M. et al. Prolonged injection angiography for diagnosing intracranial cavernous hemangiomas. *Radiology* 1979;131(1):137–8. DOI: 10.1148/131.1.137
- Das S., Ang L.-C., Ramsay D. Intracellar cavernous hemangioma presenting as pituitary adenoma: a report of two cases and review of the literature. *Clin Neuropathol* 2018;37(2):64–7. DOI: 10.5414/NP301012
- Hasiloglu Z.I., Asik M., Kizilkilic O. et al. Cavernous hemangioma of the cavernous sinus misdiagnosed as a meningioma: a case report and MR imaging findings. *Clin Imaging* 2013;37(4):744–6. DOI: 10.1016/j.clinimag.2013.01.018
- Hori S., Hayashi N., Nomoto K. et al. Cavernous sinus cavernous hemangioma largely extending into the sella turcica and mimicking pituitary adenoma: case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2010;50(4):330–2. DOI: 10.2176/nmc.50.330
- Schwyzler L., Tuleasca C., Borruat F.-X. et al. Gamma Knife surgery for a hemangioma of the cavernous sinus in an adult: case report and short review of the literature. *Neurochirurgie* 2017;63(4):320–2. DOI: 10.1016/j.neuchi.2017.05.001
- Burroni L., Borsari G., Pichierri P. et al. Preoperative diagnosis of orbital cavernous hemangioma: a <sup>99m</sup>Tc-RBC SPECT study. *Clin Nucl Med* 2012;37(11):1041–6. DOI: 10.1097/RLU.0b013e318252d2ed
- Murphy R.K.J., Reynolds M.R., Mansur D.B., Smyth M.D. Gamma knife surgery for a hemangioma of the cavernous sinus in a child. *J Neurosurg Pediatr* 2013;11(1):74–8. DOI: 10.3171/2012.9.PEDS12213
- Xin Z., Yao Y., Chen G. et al. Fractionated radiation therapy for large and giant cavernous sinus hemangioma: a retrospective study. *Front Neurol* 2020;11:355. DOI: 10.3389/fneur.2020.00355
- Ibrahim D., El Fiki A., Hafez M., Saleem S. Report of a case of cavernous haemangioma of the cavernous sinus. *BJR Case Rep* 2019;5(4):20190031. DOI: 10.1259/bjrcr.20190031

**Authors' contribution**

A.N. Shkarubo: development of the concept and design of the study, editing of the article;  
 I.V. Chernov: development of the concept and design of the study, statistical data processing, article writing;  
 A.A. Veselkov: collection and processing of materials, including statistical processing, article writing;  
 M.A. Kutin, D.V. Fomichev, O.I. Sharipov: collection and processing of materials;  
 D.N. Andreev, D.S. Kim, A.D. Donskoy, I.S. Klochkova: article writing;  
 M.E. Sinelnikov: statistical data processing;  
 P.L. Kalinin: editing of the article.

**ORCID of authors**

A.N. Shkarubo: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>  
 I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>  
 A.A. Veselkov: <https://orcid.org/0000-0003-2500-3403>  
 M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>

D.V. Fomichev: <https://orcid.org/0000-0002-5323-1000>  
O.I. Sharipov: <https://orcid.org/0000-0003-3777-5662>  
D.N. Andreev: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>  
D.S. Kim: <https://orcid.org/0000-0003-2354-6930>  
A.D. Donskoy: <https://orcid.org/0000-0002-0719-5168>  
I.S. Klochkova: <https://orcid.org/0000-0002-7440-4687>  
P.L. Kalinin: <https://orcid.org/0000-0001-9333-9473>

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

**Funding.** The work was performed without external funding.

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

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-41-53>

# LONG-TERM OUTCOMES AFTER FORMATION OF A LOW-FLOW STA-MCA BYPASS FOR TREATMENT OF SYMPTOMATIC OCCLUSION OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY

T.A. Kudryashova<sup>1</sup>, V.A. Lukyanchikov<sup>1-4</sup>, I.V. Senko<sup>5</sup>, N.A. Polunina<sup>2,3</sup>, V.A. Dalibaldyan<sup>3</sup>, G.K. Guseynova<sup>3</sup>, R.Sh. Muslimov<sup>3</sup>, V.V. Krylov<sup>2-4</sup>, A.A. Grin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Clinical Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency of Rissia; Bld. 2, 30 Volokolamskoye Shosse, Moscow 123182, Russia;

<sup>2</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

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

<sup>4</sup>Research Center of Neurology; 80, Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;

<sup>5</sup>Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Bld. 10, 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

**Contacts:** Tatiana Alexandrovna Kudryashova [anevrima13@gmail.com](mailto:anevrima13@gmail.com)

**Aim.** To evaluate short- and long-term effectiveness of low-flow bypass between superficial temporal artery and M4 segment of middle cerebral artery (low-flow STA-MCA bypass) in patients with symptomatic occlusion of the internal carotid artery (ICA).

**Materials and methods.** Between 2016 and 2019 at the Department of Neurosurgery of the N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 54 patients who underwent low-flow STA-MCA bypass formation at the side of symptomatic ICA occlusion between 2013 and 2015 were examined. Symptomatic ICA occlusion was more common in men than in women (7:1 ratio). Patient age varied between 48 and 73 years (mean age was 62 years).

During low-flow STA-MCA bypass formation surgery for symptomatic ICA occlusion, intraoperative flowmetry was used in 52 (96 %) patients, in 2 (4 %) patients this diagnostic method was impossible to perform due to technical difficulties. The main examination methods in the long term after cerebral revascularization were evaluation of neurological status dynamics per the National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS); modified Rankin scale; Rivermead mobility index; computed tomography angiography of the extra-intracranial arteries; ultrasound (US) examination of the STA-MCA bypass for evaluation of linear and volumetric blood flow velocities; single-photon emission computed tomography. The type and size of trephination were evaluated, and operative time was taken into account.

The patients were divided into 3 groups: group 1 included patients with follow-up period of 1–2 years after cerebral revascularization, group 2–3–4 years, group 3–5–6 years. All results were compared to preoperative, early, and long-term measurements.

**Results.** In the long-term postoperative period between 1 and 6 years after cerebral revascularization, 54 patients were examined. Computed tomography angiography and US showed functioning STA-MCA bypass in 53 (98 %) patients. According to single-photon emission computed tomography of the brain, regional cerebral blood flow in the long-term postoperative period varied between 28 and 40 mL/100 g/min, median regional cerebral blood flow in the long-term postoperative period was 38 mL/100 g/min. Intraoperative flowmetry was performed in 52 (96 %) patients, median was 15.5 mL/min. US showed that linear blood flow velocity in the STA-MCA bypass varied between 20 and 95 cm/s, median was 49 cm/s. Volumetric blood flow varied between 30 and 85 mL/min with median of 75 mL/min. Resection trephination was performed in 36 (67 %) patients, mean size of trephination hole was 3 cm<sup>3</sup>. In the study, operative time was measured: mean value was 212 min; no significant correlation between operative time and trephination size was observed.

Improved neurological status was observed in all study groups. Per the NIHSS, in group 1 (1–2 years) improvement was observed in 59 % of patients, in group 2 (3–4 years) in 48 %, in group 3 (5–6 years) in 47 %. Per the modified Rankin scale, in group 1 improvement was observed in 36.4 % of patients, in group 2 – in 48 %, in group 3 – in 42.9 %. Per the Rivermead mobility index, in group 1 improvement was observed in 63.3 % patients, in group 2 – in 56 %; in group 3 – in 57.1 %. The best outcomes were observed in group 1 (63.3 %).

**Conclusion.** Instrumental diagnostic methods and evaluation of neurological status showed positive dynamics both in the postoperative period and in long-term period between 1 and 6 years after low-flow STA-MCA bypass formation.

In the long term, repeat abnormalities of cerebral blood flow of ischemic type and repeat transient ischemic attacks were not observed. Correct selection of patients in the preoperative period and comprehensive treatment including drug therapy in the postoperative and long-term periods allow to prevent repeat ischemic cerebrovascular disease and therefore improve patients' quality of life.

**Keywords:** occlusion of the internal carotid artery, cerebral revascularization, extra-intracranial bypass, low-flow STA-MCA bypass, long-term postoperative period

**For citation:** Kudryashova T.A., Lukyanchikov V.A., Senko I.V. et al. Long-term outcomes after formation of a low-flow STA-MCA bypass for treatment of symptomatic occlusion of the internal carotid artery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):41–53. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-41-53>

## BACKGROUND

According to the World Health Organization data, acute ischemic cerebrovascular disease (AICD) is the 2nd leading cause of death. Per 2017 data, incidence of ischemic stroke is approximately 300 cases per 100,000 people per year [1, 2].

Currently, AICD is one of the most severe diseases and is the leading cause of disability not only in elderly people but in people of working age [1, 3]. In many countries, morbidity and mortality due to ischemic stroke have been rising [3]. AICD comprises 70–85 % of all strokes (ratio between ischemic and hemorrhagic strokes is 5:1) [1, 2]. The main risk factors of ischemic cerebrovascular events are elderly age, arterial hypertension, hypercholesterolemia, atherosclerosis of the cerebral and brachiocephalic arteries, heart disease, diabetes mellitus, obesity, and smoking. Currently, treatment of patients with AICD involves conservative and surgical approaches [4, 5].

The most significant causes of AICD are stenosis and occlusion of the brachiocephalic arteries, and occlusion of the internal carotid artery (ICA) is seen in 5–10 % of all abnormalities of the brachiocephalic arteries [6, 7]. Currently, one of surgical methods of prevention of repeat cerebrovascular events in patients with symptomatic ICA occlusion is formation of microsurgical extra-intracranial bypass [3, 5, 6].

During extra-intracranial bypass formation surgery, a low low-flow bypass is usually created between the superficial temporal artery (STA) and the cortical branch of the middle cerebral artery (MCA) (low-flow STA-MCA bypass). This surgery is performed in many neurosurgical centers across the world, but its effectiveness is still under debate, especially in the long-term. Thus, in some studies, the largest of which were EC–IC Bypass Trial (1985) and Carotid Occlusion Surgery Study (2010), effectiveness of surgical treatment for ischemic stroke prevention was not confirmed [7–9]. Regardless of contradictory study results, this surgery is performed all over the world in the absence of another more effective alternative.

**Aim.** to evaluate short- and long-term effectiveness of low-flow STA-MCA bypass in patients with symptomatic ICA occlusion.

## MATERIALS AND METHODS

Between 2016 and 2019, at the Department of Neurosurgery of the N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emer-

gency Medicine, 54 (100 %) patients who underwent low-flow STA-MCA bypass formation at the side of symptomatic ICA occlusion between 2013 and 2015 were hospitalized and examined (Fig. 1). Symptomatic ICA occlusion was more common in men than in women (ratio 7:1). Patient age varied between 48 and 73 years, mean age was 62 years.

During statistical analysis, the patients were divided into 3 groups depending on follow-up period: 1<sup>st</sup> group included patients with follow-up of 1–2 years, 2<sup>nd</sup> group – 3–4 years, 3<sup>rd</sup> group – 5–6 years (see Table).

*Distribution of the patients included in the study depending on the follow-up duration in the long-term postoperative period*

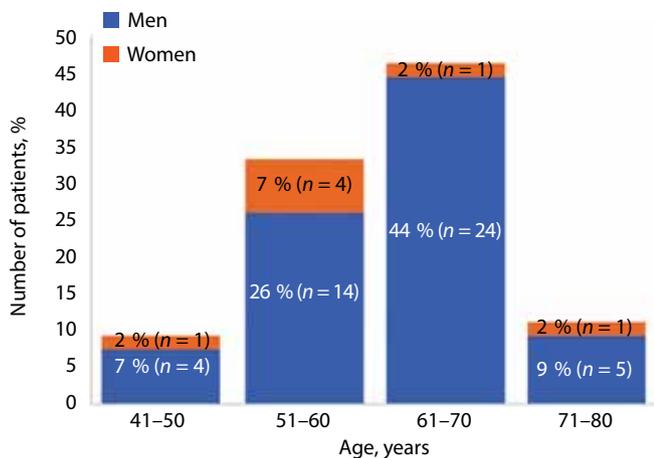
Duration of follow-up after surgery, years	n	%
1	14	26
2	8	15
3	11	20
4	14	26
5	2	4
6	5	9
Total	54	100

Instrumental examination methods in the long-term postoperative period included computed tomography (CT) angiography of the extra-intracranial arteries; single-photon emission computed tomography (SPECT) of the brain; ultrasound (US) examination of the low-flow STA-MCA bypass evaluating linear and volumetric blood flow; intraoperative flowmetry; the type and size of trephination, as well as operative time, were also taken into account. All results of examinations were compared to earlier data.

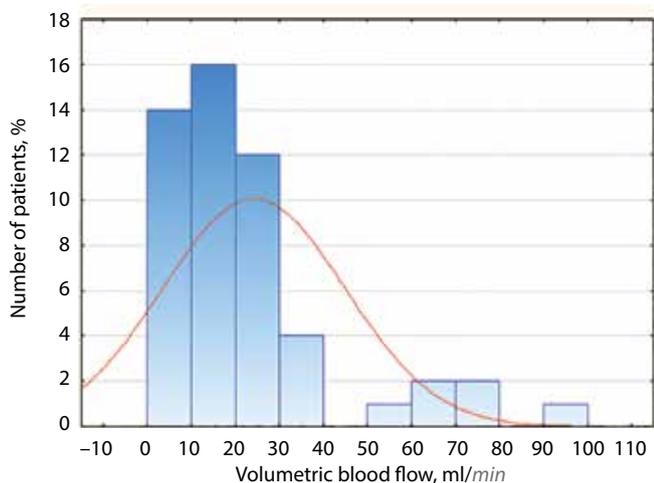
In the long-term postoperative period, neurological status of the patients was evaluated using the modified Rankin scale, National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), Rivermead mobility index. The results were compared to preoperative, early, and long-term measurements.

## RESULTS

After formation of low-flow STA-MCA bypass, in 52 (96 %) patients intraoperative flowmetry was performed. According to our data, intraoperative flowmetry allows



**Fig. 1.** Distribution of the patients hospitalized in the long-term postoperative period per sex and age ( $n = 54$ )

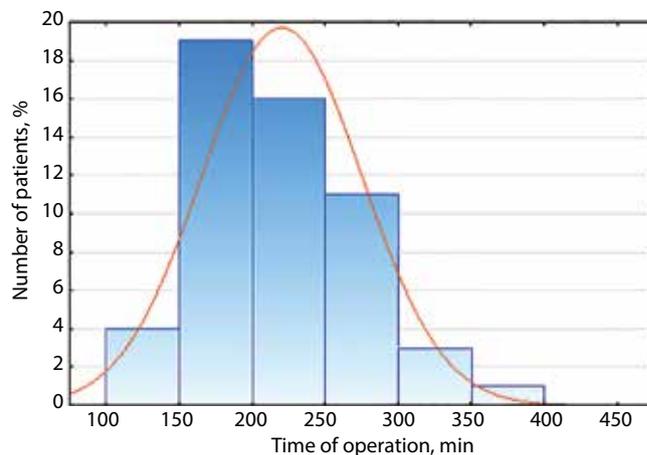


**Fig. 2.** Distribution of the patients depending on the characteristics of intra-operative flowmetry (volumetric blood flow) during low-flow STA-MCA bypass formation. Here and on Fig. 3–5, 8–10: low-flow STA-MCA bypass – low-flow bypass between superficial temporal artery and M4 segment of middle cerebral artery

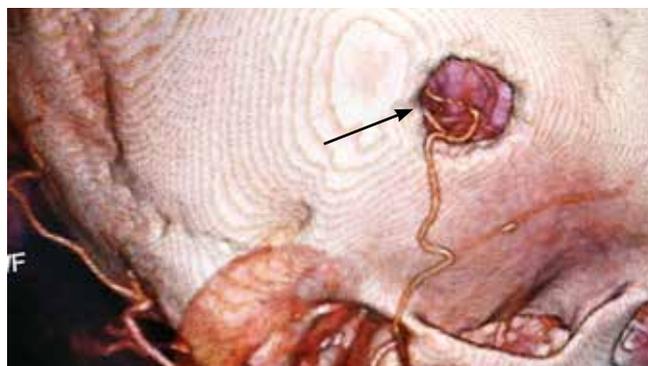
to predict the thrombosis at the stage of bypass formation and to measure blood flow through the bypass. Volumetric blood flow (VBF) through the bypass varied between 3 and 95 mL/min (Fig. 2). Median flowmetry value was 15.5 mL/min [3, 9].

In the long-term postoperative period, in 1 (2 %) patient thrombosis of the low-flow STA-MCA bypass was diagnosed; intraoperative flowmetry measurement in this patient was 3 mL/min. Based on this, we propose that low intraoperative flowmetry values ( $<5$  mL/min) can indicate high probability of thrombosis of the low-flow STA-MCA bypass in the future.

Operative time was analyzed: minimal operative time was 135 min, maximal was 390 min, median was 212 min (Fig. 3). It should be noted that the longest surgeries were performed in 2013. In time, mastering of the equipment and improvement of the surgeons' manual skills allowed to significantly decrease operative time.



**Fig. 3.** Distribution of the patients depending on operative time of low-flow STA-MCA bypass formation



**Fig. 4.** Resection trephination of the skull. 3D spiral computed tomography angiography of low-flow STA-MCA bypass on the right: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)



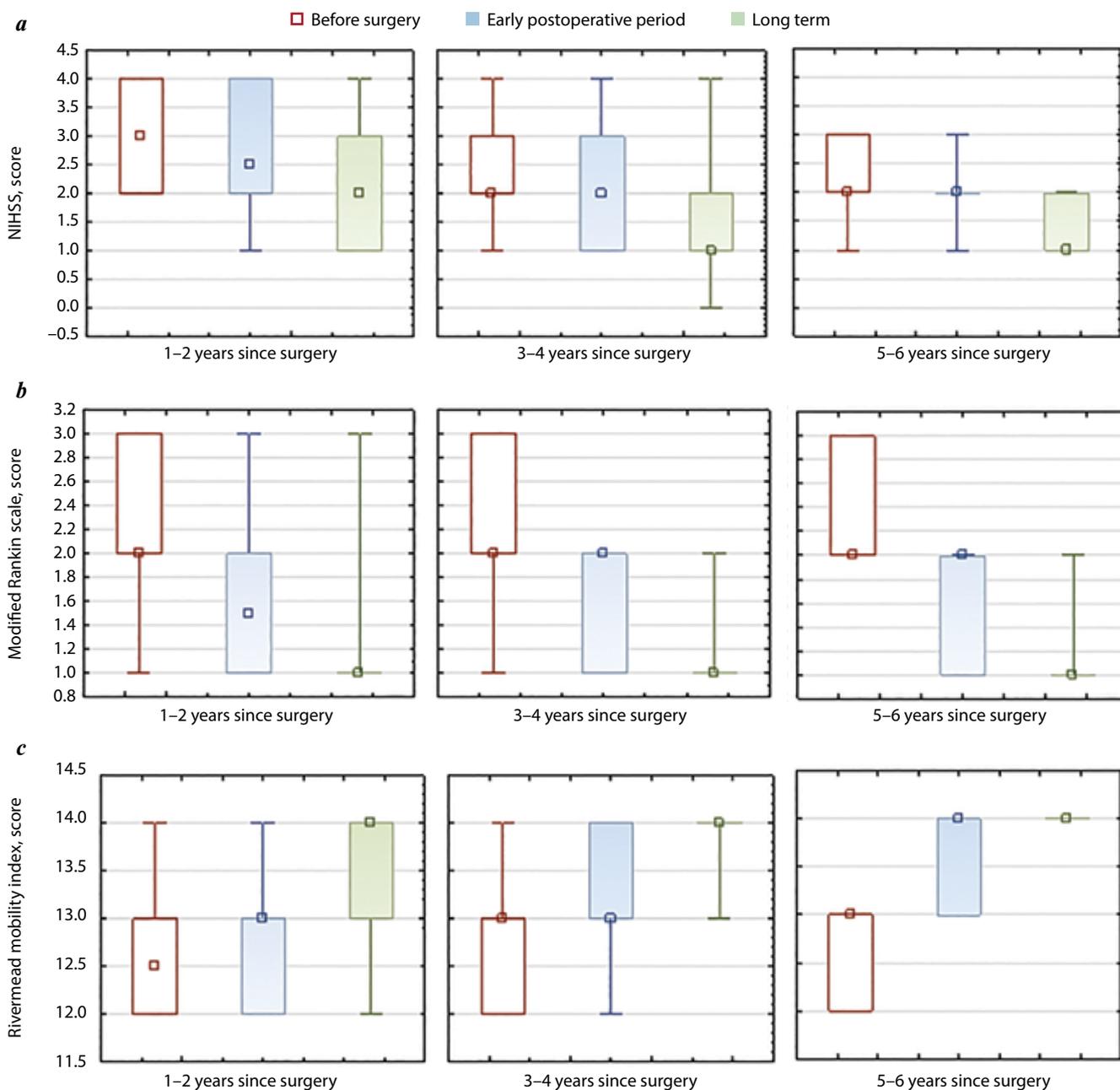
**Fig. 5.** Osteoplastic trephination of the skull. 3D spiral computed tomography angiography of low-flow STA-MCA bypass on the left: a functioning bypass between the left superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)

During low-flow STA-MCA bypass formation, resection and osteoplastic trephination of the skull were performed (Fig. 4, 5). In 36 (67 %) patients, trephination size was <3 cm in diameter. Minimal trephination size was 1.5 cm, maximal was 5 cm, median was 3 cm.

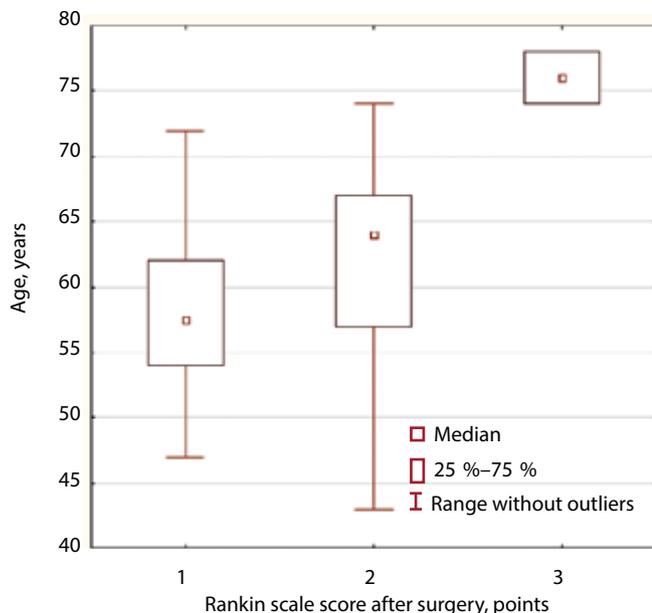
During the study, no significant correlation between operative time and trephination size was found.

The patients' clinical picture was compared to the relevant measurements in the preoperative, early postoperative, and long-term periods. Notably, none of the operated patients with functioning low-flow STA-MCA bypass (in any of the observation groups) had repeat ischemic events.

Statistically significant dynamics per the NIHSS compared to the early postoperative period were observed in all observation groups ( $p < 0.001$ ). The best neurological status outcomes were observed in the 1<sup>st</sup> observation group: in 59 % of patients (Fig. 6, a). Statistically significant dynamics compared to the preoperative and early postoperative period per the modified Rankin scale were observed in all groups. The best outcomes were found in the 2<sup>nd</sup> group: in 48 % of patients ( $p < 0.002$ ) (Fig. 6, b). Additionally, statistically significant dynamics in the Rivermead mobility index compared to the perioperative, early postoperative period, and long-term periods were



**Fig. 6.** Dynamics of the patients' neurological status in different observation groups (1–2 years, 3–4 years, 5–6 years since surgery): a – National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS); b – modified Rankin scale; c – Rivermead mobility index



**Fig. 7.** Correlation between patient's age and dynamics of neurological status per the modified Rankin scale in the early postoperative period

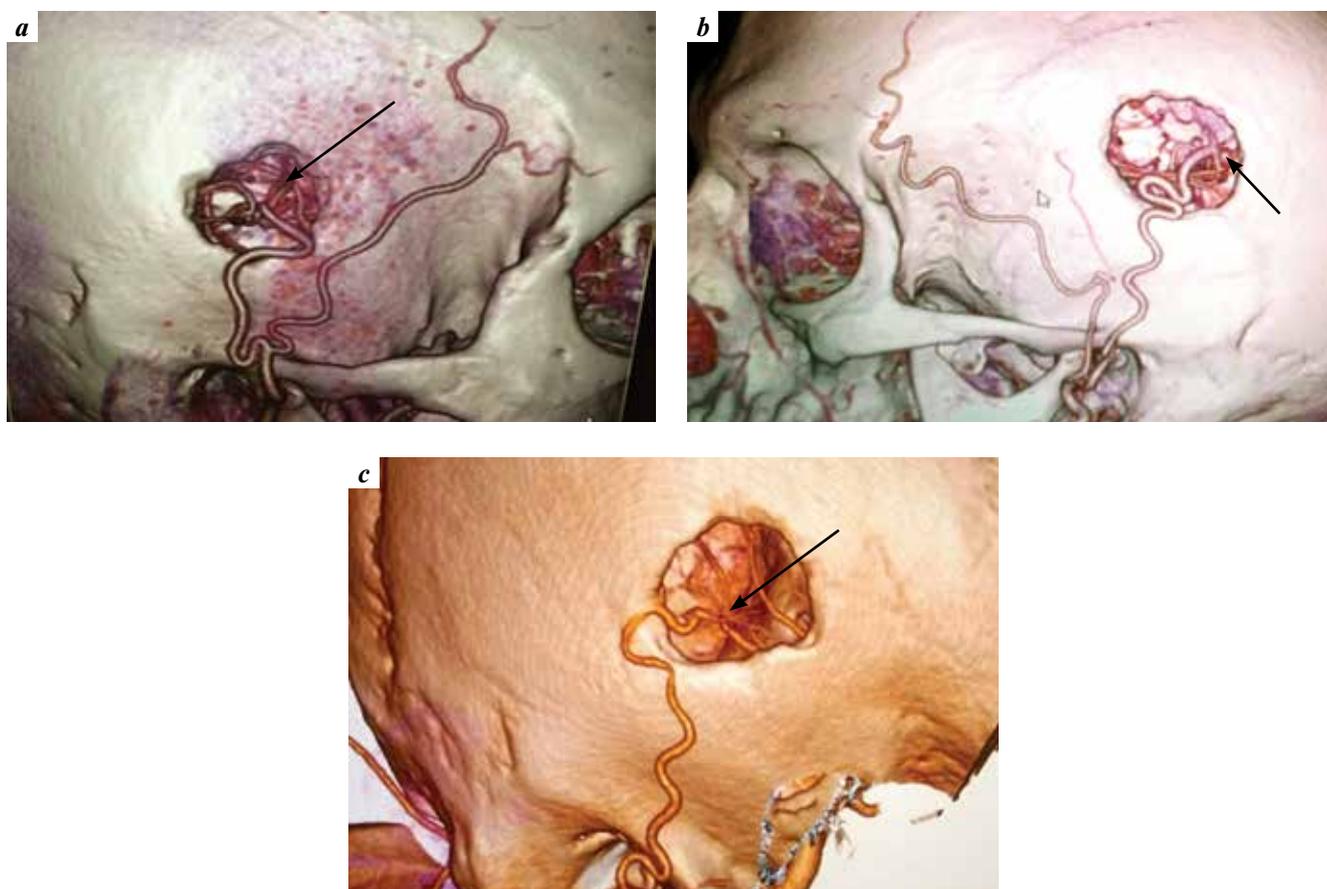
observed in all groups ( $p < 0.001$ ). The best scores were found in the 1st observation group: in 63.3 % of patients (Fig. 6, c).

The study showed statistically significant correlation between patient age and neurological status dynamics per the modified Rankin scale in the early postoperative period ( $p = 0.003$ ,  $R = 0.4$ ) (Fig. 7): the younger the patient, the more favorable clinical effect was achieved.

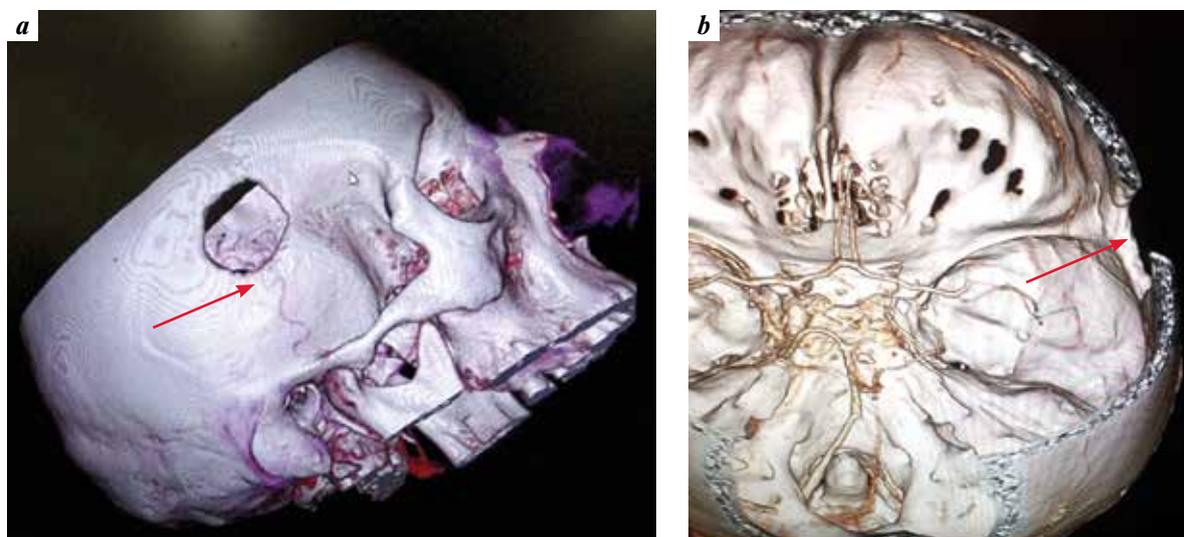
Therefore, according to the obtained data, it is appropriate to observe patients for 2 years after cerebral revascularization because in cases of functioning anastomosis we did not observe negative neurological dynamics, repeat ischemic events, and ischemic strokes in the long-term.

In the early postoperative period (on day 3–4 after cerebral revascularization), CT angiography was performed in 54 (100 %) patients: anastomosis was functioning in all patients (100 %). In the long-term postoperative period between 1 and 6 years post-surgery, CT angiography showed functioning bypass in 53 (98 %) patients (Fig. 8), in 1 (2 %) patient the thrombosis of low-flow STA-MCA bypass was diagnosed (Fig. 9).

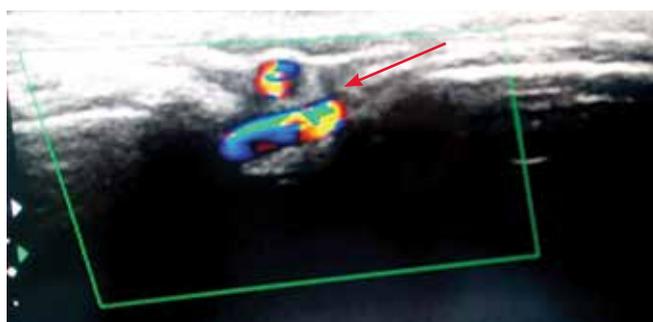
Ultrasound was performed in 54 (100 %) patients in the early postoperative period: bypass was functioning in all



**Fig. 8.** 3D spiral computed tomography angiography: a – low-flow STA-MCA bypass on the right in patient S. 2 years after surgery: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow); b – low-flow STA-MCA bypass on the left in patient B. 4 years after surgery: a functioning bypass between the left superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow); c – low-flow STA-MCA bypass on the right in patient N. 6 years after surgery: a functioning bypass between the right superficial temporal artery and M4 segment of the middle cerebral artery is visualized (arrow)



**Fig. 9.** 3D spiral computed tomography angiography of patient T.: a – functioning low-flow STA-MCA bypass in the early postoperative period; b – nonfunctioning low-flow STA-MCA bypass on the right 4 years after surgery: thrombosis of the left superficial temporal artery is visualized (arrow)



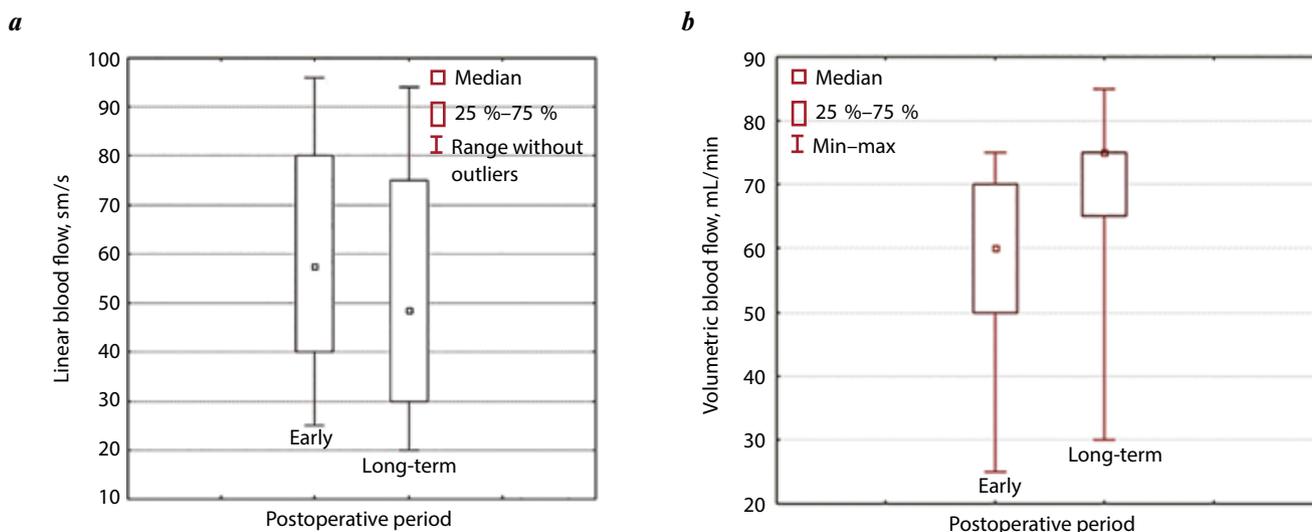
**Fig. 10.** Ultrasound in the long-term postoperative period: functioning low-flow STA-MCA bypass (arrow)

patients. In the long-term, microsurgical bypass was functioning in 53 (98 %) patients (Fig. 10).

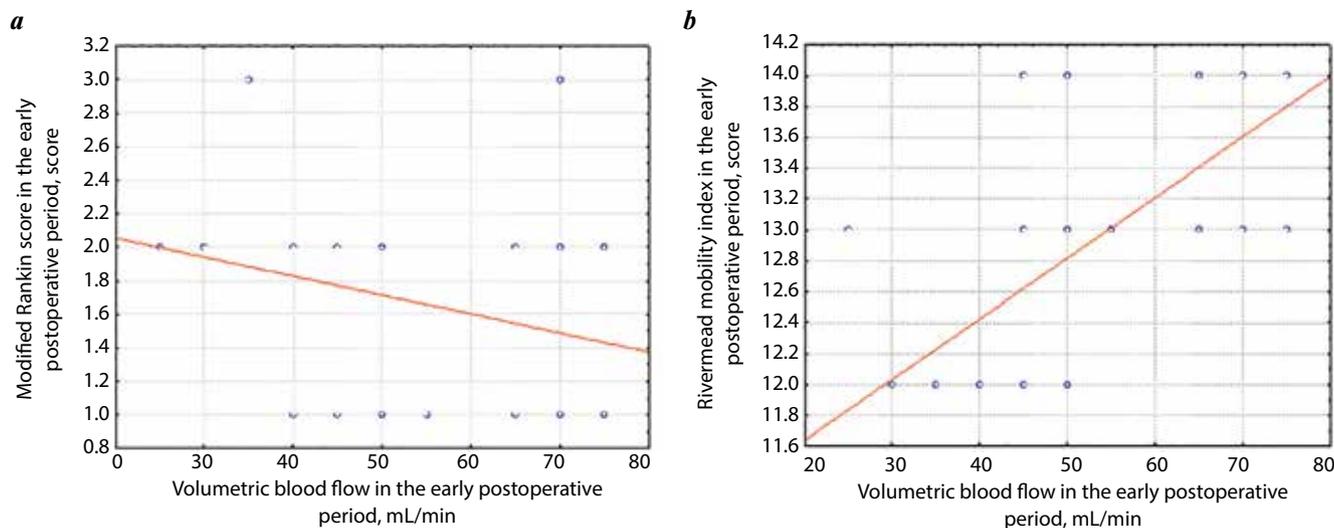
In the early postoperative period (on day 3–4 after low-flow STA-MCA bypass formation), linear blood flow varied between 25 and 96 cm/s (median 59 cm/s), in the long-term postoperative period it varied between 20 and 95 cm/s (median 49 cm/s) (Fig. 11, a).

VBF in the early postoperative period (on day 3–4) per US of the bypass varied between 25 and 75 mL/min (median 60 mL/min), in the long-term postoperative period it varied between 30 and 85 mL/min (median 75 mL/min) (Fig. 11, b).

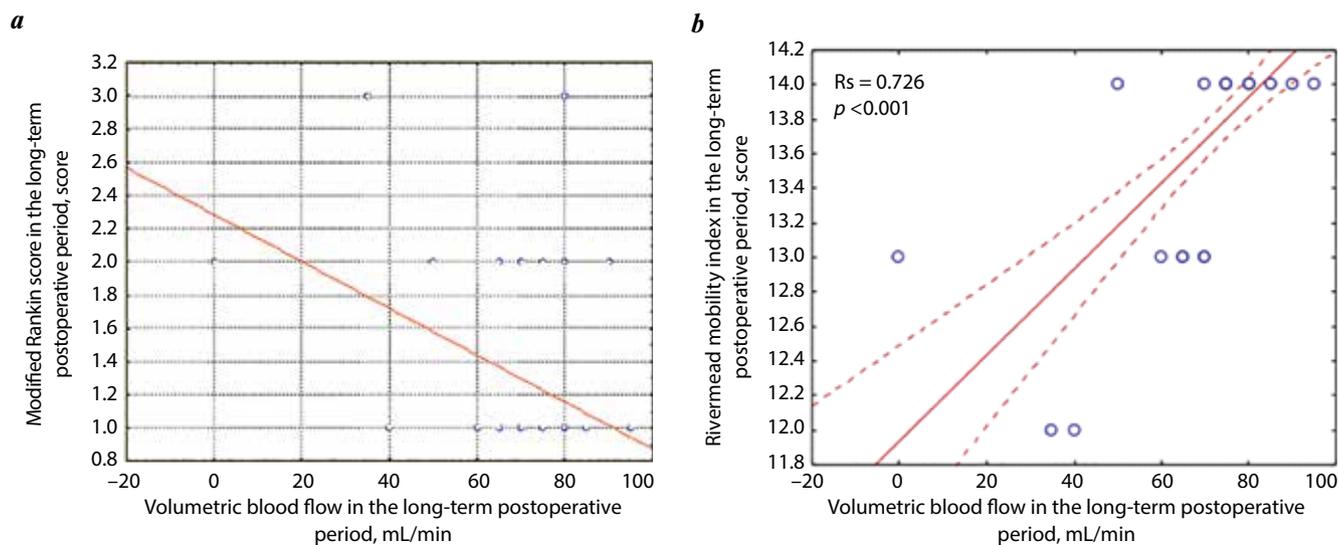
Therefore, according to the obtained data, in the long-term postoperative period linear blood flow through the bypass decreases while VBF increases. From our point of view, when the bypass works properly it develops with time and increases in diameter.



**Fig. 11.** Linear blood flow (a) and volumetric blood flow (b) per ultrasound measurement after low-flow STA-MCA bypass formation in the early and long-term postoperative periods



**Fig. 12.** Detected correlations between neurological status evaluation and volumetric blood flow per ultrasound measurement in the early postoperative period: a – between the modified Rankin scale score and volumetric blood flow ( $R_s = 0.27$ ;  $p < 0.04$ ); b – between Rivermead mobility index and volumetric blood flow ( $R_s = 0.66$ ;  $p < 0.001$ )



**Fig. 13.** Detected correlations between neurological status evaluation and volumetric blood flow per ultrasound measurement in the long-term postoperative period: a – between the modified Rankin scale score and volumetric blood flow ( $R_s = 0.59$ ,  $p < 0.003$ ); b – between Rivermead mobility index and volumetric blood flow ( $R_s = 0.726$ ;  $p < 0.001$ )

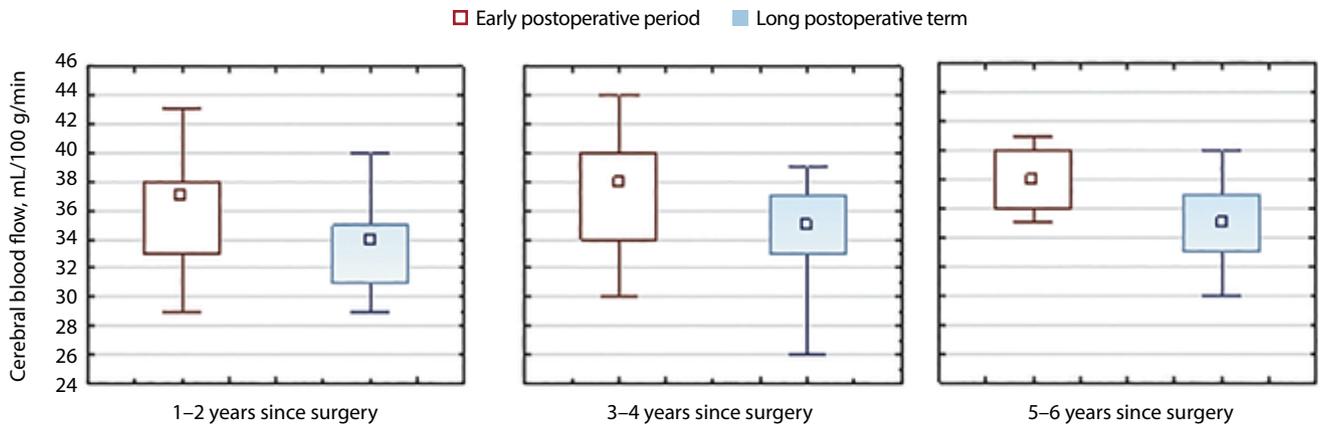
Additionally, we found statistically significant positive correlations between the modified Rankin scale score, Rivermead mobility index and VBF per US in the early postoperative period (Fig. 12). Notably, higher VBF in the early postoperative period correlated with better neurological outcome. Statistically significant correlations between the Rivermead mobility index, modified Rankin scale score and VBF in the long-term postoperative period were also observed (Fig. 13).

Higher volumetric blood flow velocity through the bypass was accompanied by better clinical picture in the operated patients.

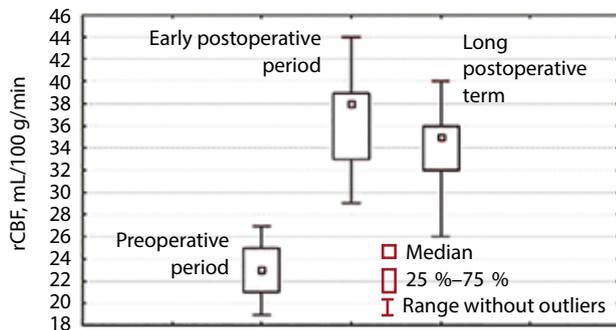
All patients ( $n = 54$ , 100 %) at first hospitalization underwent SPECT of the brain with acetazolamide challenge to evaluate cerebrovascular reserve in the postoperative

period. In all patients, insufficiency of cerebrovascular reserve (perfusion increase  $< 10\%$ ) was observed. Statistically significant decrease in regional cerebral blood flow (rCBF) per SPECT in the long-term compared to the postoperative values was found in all observation groups ( $p < 0.001$ ) (Fig. 14).

The lowest rCBF values were observed in the 2<sup>nd</sup> group (3–4 years). We propose that rCBF decrease per SPECT in the long-term postoperative period is caused by development of collateral circulation and uniform blood flow distribution in the brain after low-flow STA-MCA bypass formation. Although we observed decreased rCBF (to 35 mL/100 g/min) compared to the early postoperative period (to 38 mL/100 g/min), it still was higher than preoperative blood flow (to 23 mL/100 g/min) (Fig. 15).



**Fig. 14.** Distribution of regional cerebral blood flow per SPECT in the early and long-term postoperative period in different observation groups. Here and in Fig. 15–17: SPECT – single-photon emission computed tomography



**Fig. 15.** Dynamics of regional cerebral blood flow (rCBF) per SPECT of the brain in the preoperative, early postoperative, and long-term periods

Absence of repeat cerebrovascular events in all observation groups indicates sufficient rCBF.

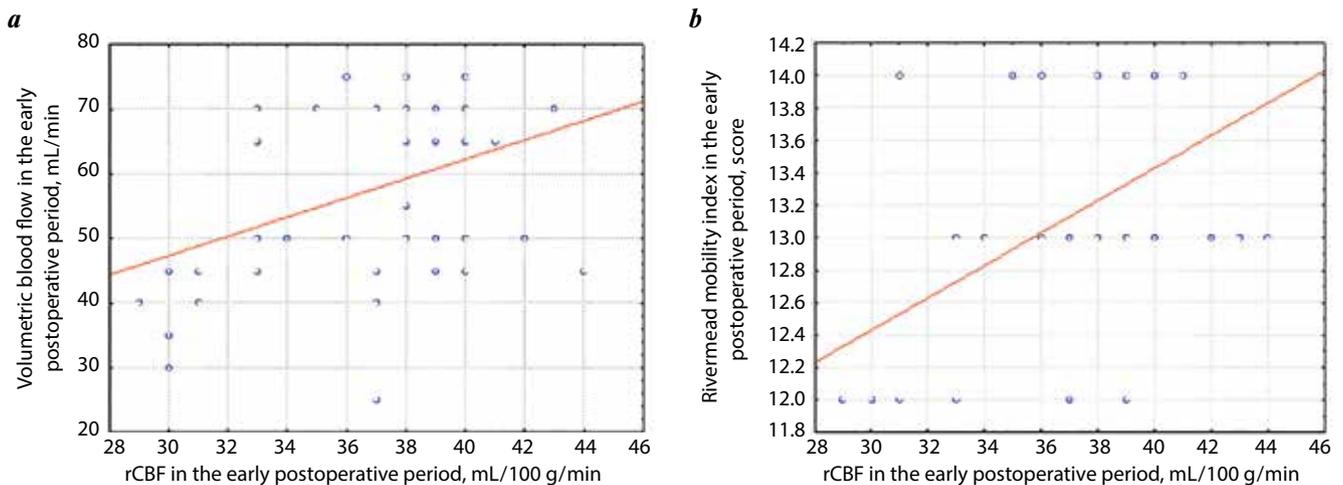
The study showed statistically significant correlations between rCBF per SPECT, VBF per US, and Rivermead mobility index in the early postoperative period (Fig. 16). Therefore, we propose that higher VBF in the early postoperative period is accompanied by higher rCBF and better clinical outcomes.

In the long-term postoperative period, we also observed significant statistical correlations between rCBF, VBF per US, modified Rankin scale score, and Rivermead mobility index (Fig. 17).

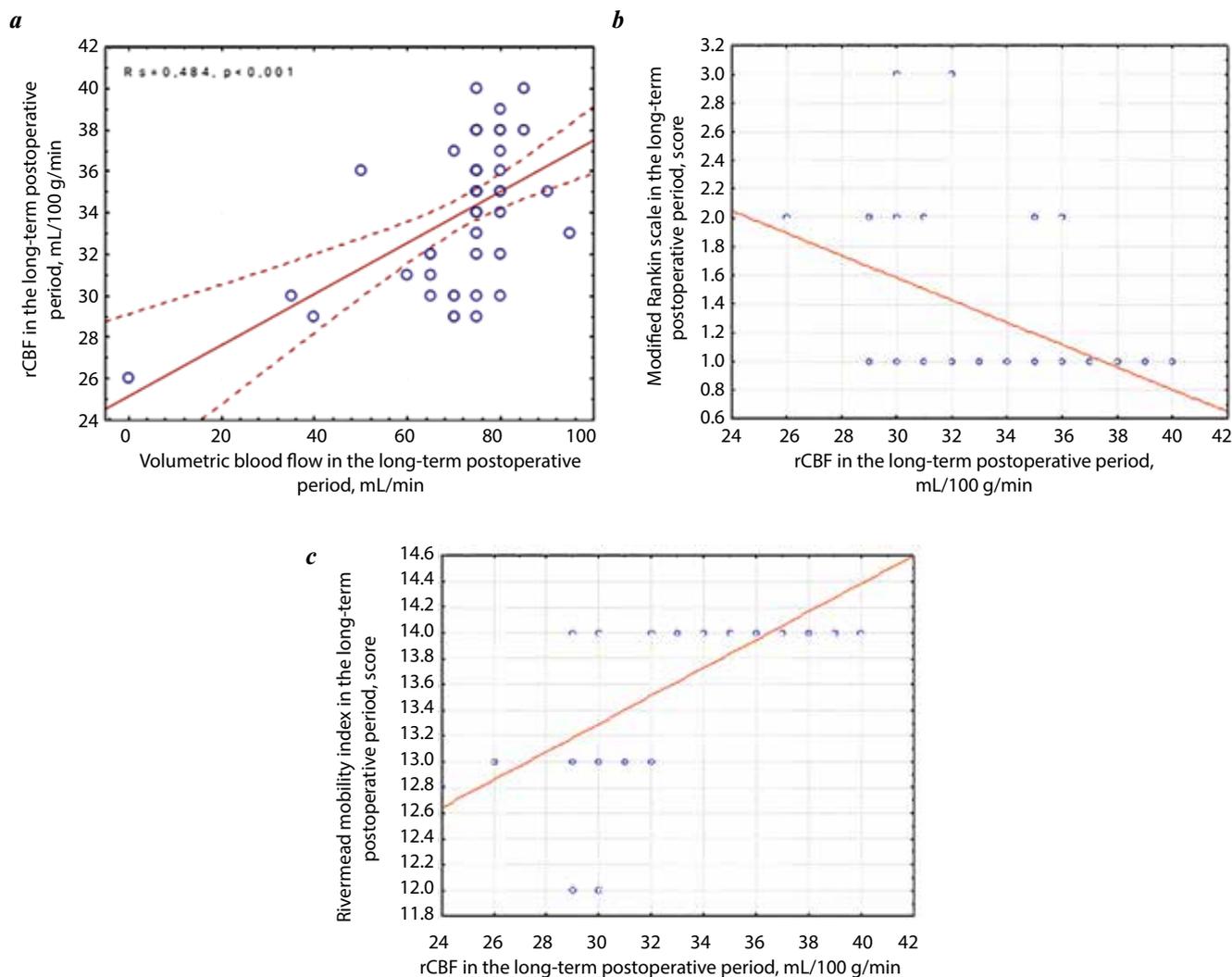
Analysis of the obtained results showed direct link between VBF, rCBF and clinical outcomes in the operated patients in the long-term postoperative period.

### DISCUSSION

We have analyzed the results of low-flow STA-MCA bypass formation in 54 patients with symptomatic ICA occlusion within 6 years after surgery. Earlier international studies including studies on cerebral revascularization (including the first randomized EC-IC Bypass Trial performed by Dr. Henry Barnett [3, 5, 10–13]) did not show positive results of ischemic stroke treatment using cerebral revascularization. The aim of the above-mentioned trial was determination of the effectiveness of low-flow STA-MCA bypass formation as a method for decreasing the risk of AICD and post-stroke mortality. In the operated patient group,



**Fig. 16.** Detected correlations between the analyzed characteristics in the early postoperative period: a – between regional cerebral blood flow (rCBF) per SPECT of the brain and volumetric blood flow per ultrasound ( $R_s = 0.31$ ;  $p < 0.02$ ); b – between rCBF per SPECT of the brain and Rivermead mobility index ( $R_s = 0.42$ ;  $p < 0.001$ )



**Fig. 17.** Detected correlations between the analyzed characteristics in the long-term postoperative period: a – between regional cerebral blood flow (rCBF) in bypass per SPECT of the brain and volumetric blood flow by microsurgical anastomosis per ultrasound ( $R_s = 0.484$ ;  $p < 0.001$ ); b – between rCBF per SPECT of the brain and modified Rankin scale score ( $R_s = 0.466$ ;  $p < 0.001$ ); c – between rCBF per SPECT of the brain and Rivermead mobility index ( $R_s = 0.65$ ;  $p < 0.001$ )

repeat strokes were more frequent and developed earlier than in the group of patients receiving only conservative treatment. The researchers concluded that low-flow STA-MCA bypass is not an effective method of cerebral ischemia prevention in patients with symptomatic ICA occlusion [10–15]. However, it is important to note that in this trial patients in more severe condition (per neurological status) were selected for surgical treatment. Not all patients underwent instrumental diagnosis of the cerebral vessels for ICA occlusion confirmation and measurement of perfusion of the brain in the preoperative period and after cerebral revascularization.

Development of such modern diagnostic methods as computed tomography, magnetic resonance (MR) imaging, MR angiography, CT angiography, CT and MR perfusion of the brain, positron emission tomography and SPECT, allowed to identify patients with higher risk of repeat ischemic stroke. In our study, all patients

underwent CT angiography of the brain and perfusion evaluation using SPECT before cerebral revascularization and in the preoperative, early and long-term postoperative periods after low-flow STA-MCA bypass formation.

In our study, CT angiography showed functioning bypass in the long-term postoperative period in 53 (98 %) patients. Dynamic study of low-flow STA-MCA bypass functional characteristics showed that linear blood flow of a functioning bypass decreases with time (on average from 59 to 48.5 cm/s), while VBF increases (on average from 60 to 75 mL/min). Low-flow STA-MCA bypass formation is associated with improved rCBF (on average from 23 to 35 mL/100 g/min) which directly depends on VBF through the bypass. Improved brain perfusion in the postoperative period is accompanied by better clinical outcomes.

In the Japanese EC-IC Bypass Trial [3, 5, 16] based on brain perfusion study using SPECT, positive results of revascularization of the brain in patients with symptomatic

ICA occlusion were also demonstrated. Repeat ischemic cerebrovascular events were observed in only 5 % of patients with low-flow STA-MCA bypass and in 14 % of patients of the control group (conservative treatment).

The American Carotid Occlusion Surgery Study (COSS) (2002–2010) did not confirm robust positive effect after low-flow STA-MCA bypass formation in comparison with patient group receiving conservative treatment [3, 5, 16, 17]. The number of repeat ischemic strokes in 2 years was 21 % in the operated group and 22.7 % in the non-operated group. However, the researchers noted good perfusion restoration at the bypass side in all operated patients.

During low-flow STA-MCA bypass formation bypass is possible through a mini-access without the loss of time or surgical quality. To predict the results of bypass functioning, intraoperative use of flowmetry is advisable.

In our study, no repeat cerebrovascular events were observed in the postoperative and long-term periods in patients with functioning bypass. In the long-term after cerebral revascularization, improved neurological status per the NIHSS was observed in 59 % of patients in the 1<sup>st</sup> group (1–2 years); per Rivermead mobility index in 63.3 % patients in the 1<sup>st</sup> group (1–2 years); per the modified Rankin scale in 48 % of patients of the 2<sup>nd</sup> group (3–4 years).

## CONCLUSION

Taking into account the results of our study, we propose that low-flow STA-MCA bypass is an effective method of AICD prevention and improves neurological status of patients with symptomatic ICA occlusion. Therefore, we can recommend this surgery for improving patients' quality of life in the long-term after the disease.

## REFERENCES

- Gusev E.I., Skvortsova V.I., Stakhovskaya L.V. Epidemiology of stroke in Russia. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry* 2003;8:4–9. (In Russ.).
- Brain revascularization operations in vascular neurosurgery. Ed. by V.V. Krylov, V.L. Lemenev. Moscow: BINOM, 2014. 272 p. (In Russ.).
- Krylov V.V., Lukyanchikov V.A., Tokarev S.A. et al. Surgical prevention of ischemic strokes by means of an extracranial microanastomosis (EICMA) in the carotid basin. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and Vascular Surgery* 2016;22(4):116–21. (In Russ.).
- Lukyanchikov V.A. Surgical revascularization of the brain in the acute period of cerebral ischemia. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 2018. (In Russ.).
- Lukshin V.A. Surgical treatment of chronic cerebral ischemia caused by occlusion of the arteries of the carotid basin. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 2017. (In Russ.).
- Gaidar B.V. Methods of studying the reactivity of cerebral vessels in the postoperative period. In: *Issues of pathology of cerebral circulation in the neurosurgical clinic. Coll. of sci. papers.* Leningrad: LNHI, 1987. Pp. 14–18. (In Russ.).
- Roshkovskaya L.V. Dynamics of neurological disorders in patients with ischemic brain strokes after revascularization operations. Dis. ... of candidate of medical sciences. St. Petersburg, 2004. (In Russ.).
- Varakin Yu.A. Epidemiological aspects of the prevention of acute cerebral circulatory disorders. Dis. ... of doctor of medical sciences. Moscow, 1994. (In Russ.).
- Vachev A.N., Dmitriev O.V., Tereshina O.V., Stepanov M.Yu. Surgical treatment of patients with occlusion of the internal carotid artery. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya = Angiology and Vascular Surgery* 2006;12(3):105–10. (In Russ.).
- Ausman J.I., Diaz F.G., de los Reyes R.A. et al. Posterior circulation revascularization. Superficial temporal artery to superior cerebellar artery anastomosis. *J Neurosurg* 1982;56(6):766–76. DOI: 10.3171/jns.1982.56.6.0766
- EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985;313(19):1191–200. DOI: 10.1056/NEJM198511073131904
- McDowell F., Flamm E.S. EC/IC Bypass Study. *Stroke* 1986;17(1):1–2. DOI: 10.1161/01.str.17.1.1
- Ausman J.I., Diaz F.G. Critique of the extracranial-intracranial bypass study. *Surg Neurol* 1986;26(3):218–21. DOI: 10.1016/0090-3019(86)90152-7
- Awad I.A., Spetzler R.F. Extracranial-intracranial bypass surgery: a critical analysis in light of the International Cooperative Study. *Neurosurgery* 1986;83(4):655–64. DOI: 10.1227/00006123-198610000-00028
- Day A.L., Rhoton A.L. Jr., Little J.R. The extracranial-intracranial bypass study. *Surg Neurol* 1986;26(3):222–6. DOI: 10.1016/0090-3019(86)90153-9
- JET Study Group. Japanese EC-IC Bypass Trial (JET Study): The Second Interim Analysis. *Surg Cerebral Stroke* 2002;30(6):434–7. DOI: 10.2335/scs.30.434
- Kuroda S., Kawabori M., Hirata K. et al. Clinical significance of STA-MCA double anastomosis for hemodynamic compromise in post-JET/COSS era. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(1):77–83. DOI: 10.1007/s00701-013-1961-0

**Author's contribution**

T.A. Kudryashova: research design development, surgical assistance, patient monitoring, collecting data for analysis, analysis of the data obtained, review publications on the topic of the article, article writing;

V.A. Lukyanchikov, I.V. Senko, N.A. Polunina, V.A. Dalibaldyan: conducting surgical operations, scientific consulting;

G.K. Guseynova, R.S. Muslimov: performing diagnostic procedures;

V.V. Krylov, A.A. Grin: research design development, scientific consulting.

**ORCID of authors**

T.A. Kudryashova: <https://orcid.org/0000-0001-9185-2804>

V.A. Lukyanchikov: <https://orcid.org/0000-0003-4518-9874>

I.V. Senko: <https://orcid.org/0000-0002-5743-8279>

N.A. Polunina: <https://orcid.org/0000-0001-5680-4663>

V.A. Dalibaldyan: <https://orcid.org/0000-0002-5993-3310>

G.K. Guseynova: <https://orcid.org/0000-0001-8475-3410>

V.V. Krylov: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>

A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

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

**Funding.** The work was performed without external funding.

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

DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-54-64>

# THE INDIVIDUAL VARIABILITY OF THE DENTATO-RUBRO-THALAMIC TRACT IN THE PLANNING OF STEREOTACTIC OPERATIONS IN PATIENTS WITH TREMOR

**A.I. Kholyavin, V.A. Peskov, A.O. Berger***N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain, Russian Academy of Sciences; 9 Akademika Pavlova St., St. Petersburg 197376, Russia***Contacts:** Andrey Ivanovich Kholyavin [kholyavin@mail.ru](mailto:kholyavin@mail.ru)

**Background.** Stereotactic operations on the ventral-intermediate nucleus of the thalamus (Vim) and the posterior subthalamic area (PSA) are used for the surgical treatment of tremor. Since these structures are invisible in standard magnetic resonance imaging (MRI) regimes, indirect stereotactic guidance is mainly used during operations. MRI tractography allows taking into account the individual variability of the target structures for tremor, visualizing the target directly, but this technique has not yet entered the routine practice of preparing operations.

**Aim.** The aim of the work is to study the variability of the position of the dentato-rubro-thalamic tract (DRT), determined according to MRI tractography data, in relation to the main reference points for indirect stereotactic guidance, as well as to the visible landmarks on MRI in FGATIR mode, to assess the validity of the currently used methods of preparing operations in patients with tremor.

**Materials and methods.** Probabilistic MRI tractography of DRT based on the HARDY protocol was performed in 34 patients. Additionally, 3D T1 tomograms were obtained with axial slices with an isotropic voxel size equal to 1 mm, as well as FLAIR sagittal slices with a thickness of 1.12 and a pitch of 0.56 mm. Eleven patients additionally underwent a series of MRI sections according to the FGATIR program with a thickness of 1 mm, without an intersectional gap.

**Results.** A significant variability of the DRT position has been established both in the coordinate system of the anterior and posterior commissures, and in relation to standard targets for indirect stereotactic guidance. In addition, a visible interhemispheric asymmetry of the position of the tracts was revealed. The smallest degree of deviation from the tract was noted for the trajectories of deep brain stimulation electrodes implanted in the caudal zona incerta (cZI) at the level of the maximum diameter of the red nuclei. A high degree of correspondence between the tract and the target zone of prelemniscal radiations (Raprl) was also established on tomograms in the FGATIR mode.

**Conclusions.** The standard target points for the indirect targeting of Vim targets and the cerebello-thalamic tract in PSA give a deviation of more than 2 mm from DRT in almost half of patients. During the use of cZI as a standard target for indirect guidance in the treatment of tremor, the DRT is located at the zone of stereotactic impact at the level of the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> contact of the electrode in 76.5 % of cases. FGATIR mode allows visualizing the structure of Raprl, with stereotactic guidance on which the effect on the DRT can be achieved in 86.4 % of cases.

**Keywords:** stereotactic guidance, surgical treatment of tremor, magnetic resonance tractography, dentato-rubro-thalamic tract, deep brain stimulation, Vim-thalamotomy, cerebellothalamic tractotomy

**For citation:** Kholyavin A.I., Peskov V.A., Berger A.O. The individual variability of the dentato-rubro-thalamic tract in the planning of stereotactic operations in patients with tremor. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):54–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-54-64>

## BACKGROUND

Stereotactic functional interventions (deep brain stimulation (DBS) and stereotactic destructions) on the ventral intermediate nucleus (Vim) of the thalamus and in the posterior subthalamic area (PSA) are effective treatment methods for tremor [1, 2]. Notably, good results were demonstrated not only in patients with Parkinson's disease and essential tremor, but for other types of tremor (posttraumatic, dystonic, Holmes tremor, in multiple sclerosis, etc.) [3]. However,

the target structures are indistinguishable in standard pre-operative magnetic resonance imaging (MRI) sequences, and in most cases stereotactic atlases are used for indirect guidance during surgery. As reference points for indirect guidance the anterior and posterior commissures, 3<sup>rd</sup> ventricle, internal capsule as well as intracerebral structures distinguishable in MRI – red and subthalamic nuclei are used [4, 5].

Due to individual variability of brain structure, indirect stereotactic guidance is always supplemented by

intraoperative neurophysiological techniques (microelectrode recording, electrostimulation, test heating or cooling at the target points) with correction of stereotactic instrument position in patient's brain after test actions. Repeat introduction of the instrument into the brain can increase injury rate and risk of complications.

According to current knowledge, pathophysiology of tremor is caused by pathological synchronization of impulses from neurons organized into the cerebello-thalamo-cortical pathway [6]. Stereotactic intervention (destruction or stimulation) in structures participating in the pathway's functioning leads to desynchronization of neural activity and stops tremor. Multiple published articles show the possibility of using preoperative visualization of the dentato-rubro-thalamic tract (DRT) through which pathological activity of the cerebello-thalamo-cortical pathway is realized for direct labeling of the above-noted stereotactic targets (Vim and PSA). This serves as the rationale for using MRI tractography for direct stereotactic guidance to the target structures and increased surgical accuracy with decreased injury rate [4, 5, 7].

Routine use of tractography in planning of stereotactic surgeries is hindered by significant increase in time and complexity of preoperative preparation, high requirements for equipment (MRI machines and working stations for tract calculations) [5, 8], necessity of highly qualified specialists for tract construction, as well as insufficient development of the tractography method for stereotactic guidance. On the other hand, new articles have been published on the possibility of using some programs of structural MRI as alternatives to tractography for direct stereotactic guidance to the target structures for treatment of tremor [5, 9].

**Aim** of the study is to investigate variability of DRT position using probabilistic MRI tractography data in relation to the main reference points for indirect stereotactic guidance as well as to the structures visible in FGATIR MRI for evaluation of currently used techniques of stereotactic surgeries in patients with tremor.

## MATERIALS AND METHODS

Data from 34 patients aged between 43 and 69 years (mean age 59 years), including 19 men and 15 women, were analyzed. All patients underwent MRI during preparation for stereotactic intervention (in 31 patients due to Parkinson's disease, in 3 due to cervical dystonia).

Philips Achieva 3.0T MRI system was used. For tractography, diffusion tensor images per the HARDY protocol were obtained with angular resolution 32, voxel size  $1.75 \times 1.75 \times 1.75$  mm, phase coding AP, b-factor  $1000 \text{ s/mm}^2$ . In planning of diffusion image sections in the axial direction, incline of  $20\text{--}40^\circ$  backwards depending on the patient's anatomy was used to exclude the negative effect of artefacts from the nasal airways. To prevent movement artifacts associated with hard to control tremor or dyskinesia in patients, images were obtained with neck immobilization using a plastic Schanz collar. Additionally, T1-weighted anatomi-

cal images of the brain in axial sections were obtained with voxel size 1 mm, as well as FLAIR sagittal sections with 1.12 mm thickness and 0.56 mm pitch. Eleven patients also underwent FGATIR MRI to obtain sagittal sections with 1 mm thickness without intersectional gap.

Reconstruction of the tracts was performed using probabilistic tractography as it allows to better reconstruct spatial path of the white matter fibers [5] per the constrained spherical deconvolution (CSD) protocol [10] for fiber orientation distribution (FOD) evaluation. The SSST-CSD (Single-tissue CSD) algorithm was applied. Cloud calculations were performed on the server of the N.P. Bekhtereva Institute of the Human Brain with CPU AMD Ryzen Threadripper 3970 with 32 central processor cores and base frequency 3.7 Hz and software 3D-Slicer 4.10, MRtrix 3, FSL 6.0, ANTS, ITKSNAP 3.6.0 [8]. Typical reconstruction trajectory based on a whole-brain tractogram in accordance with anatomical knowledge of fiber pathways was the following: tracts exit from the contralateral dentate nucleus of the cerebellum, medially pass next to the red nucleus and end near the Vim of the thalamus [11]. Therefore, intersecting DRT was constructed comprising the main (2/3) part of the cerebello-thalamo-cortical pathway fibers in contrast with the non-intersecting DRT traversing from the dentate nucleus of the cerebellum positioned ipsilaterally to the thalamus and comprising 1/3 of the fibers [12].

Hereafter spatial matching of the probabilistic tractography data to the coordinate system of the anterior and posterior commissures of the patient's brain constructed using 3D scanning of T1-weighted images was performed. Analysis of the tract locations in relation to the stereotactic coordinate system and patient's cerebral structures was performed using the Medtronic StealthStation S7 station (USA) and Cranial software where three-plane reconstruction of all images, image alignment in built-in stereotactic planning software and subprogram StealthMerge and measurement of the coordinates in the coordinate system of the anterior and posterior commissures were performed. In total, positions of 68 DRTs were analyzed (in the right and left hemispheres of 34 patients included in the study).

## RESULTS

Position of the DRT geometric center ("axis") and its variability relative to the stereotactic targets were evaluated at 3 anatomical levels:

- 1) "zero" horizontal level of the stereotactic coordinate system at the level of the anterior and posterior commissures where localization of the stereotactic target Vim was performed [1, 3, 5];
- 2) horizontal level 2 mm lower than the anterior and posterior commissures where stereotactic planning for cerebellothalamic tractotomy in the subthalamic zone was performed [11];
- 3) horizontal section at the level of maximum red nuclei diameter where stereotactic localization of the caudal

**Table 1.** Coordinates of the center of the dentato-rubro-thalamic tract on magnetic resonance imaging slices in the coordinate system of the anterior and posterior commissures, mean ± SD, mm

Horizontal level	Coordinates of tracts in both hemispheres			Coordinates of the tracts of the right hemisphere			Coordinates of the tracts of the left hemisphere		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
“Zero”	14.1 ± 2.5	-5.6 ± 1.7	0	13.8 ± 2.6	-5.7 ± 1.8	0	14.3 ± 2.4	-5.5 ± 1.4	0
2 mm below the level of commissures	11.2 ± 1.8	-6.7 ± 1.6	-2	10.9 ± 2.1	-6.7 ± 1.6	-2	11.4 ± 1.9	-6.6 ± 1.5	-2
The level of the maximum diameter of the red nuclei	7.8 ± 2.4	-8.1 ± 1.5	-5.0 ± 0.6	8.0 ± 1.3	-7.8 ± 1.6	-5.0 ± 0.6	7.6 ± 3.2	-8.4 ± 1.3	-5.0 ± 0.6

**Table 2.** Distances of the dentato-rubro-thalamic (DRT) centers from the wall of 3<sup>rd</sup> ventricle and the posterior commissure of the brain at the “zero” horizontal level, and also distances of the DRT centers from the 3<sup>rd</sup> ventricle at a horizontal level 2 mm below the plane of the anterior and posterior commissures, mean ± SD, mm

Structure	Tracts in both hemispheres	Tracts of the left hemisphere	Tracts of the right hemisphere
Wall of the 3 <sup>rd</sup> ventricle at the “zero” level	10.9 ± 1.9	11.0 ± 2.2	10.8 ± 2.2
Posterior commissure at the “zero” level	7.2 ± 1.6	7.2 ± 1.4	7.1 ± 1.8
Wall of the 3 <sup>rd</sup> ventricle at the level 2 mm below the intercommissural line	9.3 ± 1.5	9.4 ± 1.4	9.1 ± 1.7

zona incerta (cZI), one of the stereotactic targets in PSA surgeries in patients with tremor, was performed [2].

Table 1 shows the results of measurement of the DRT center coordinates at different horizontal levels in the coordinate system of the anterior and posterior commissures.

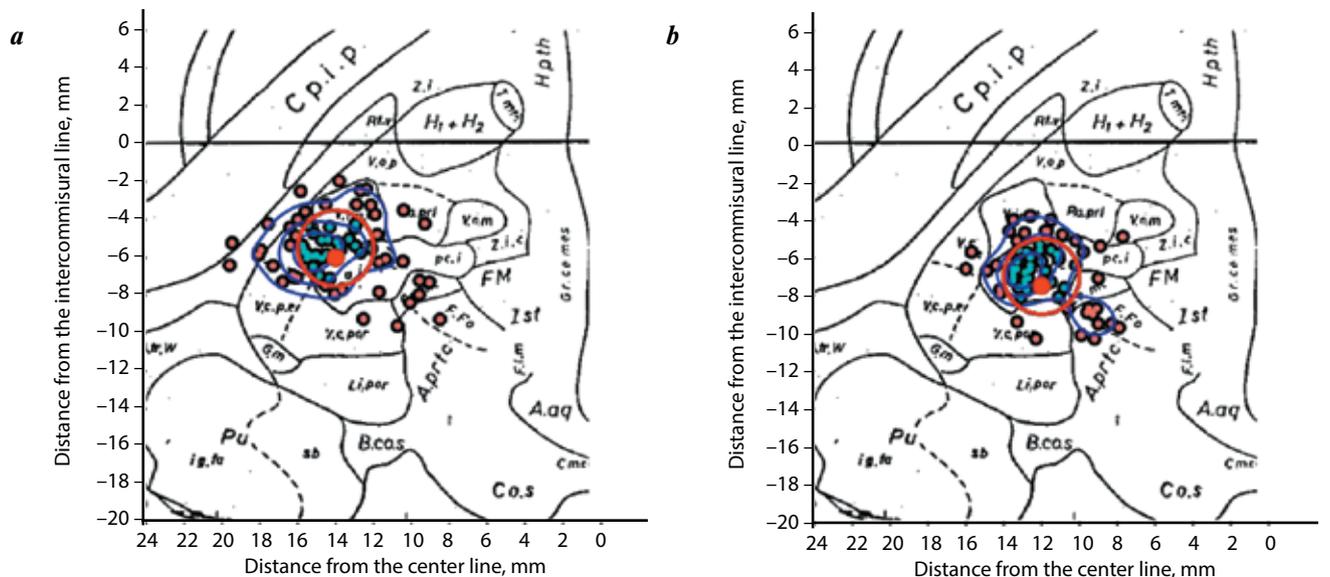
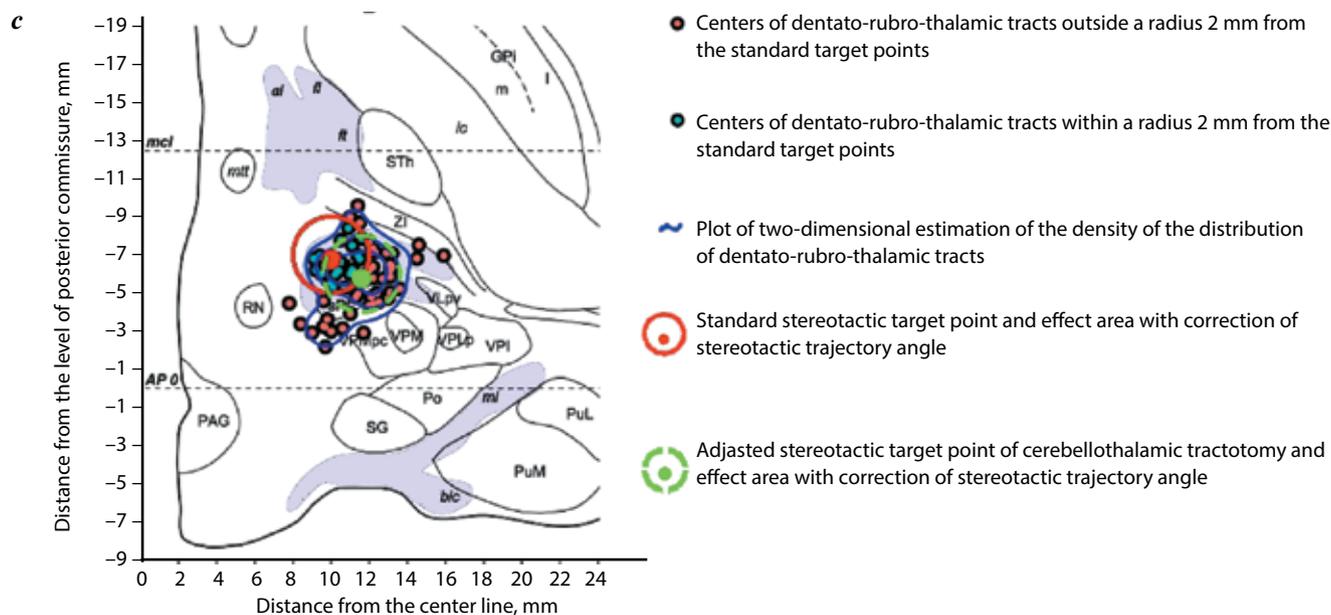
As evident from the Tables 1, 2, at the “zero” horizontal plane level, mean value of tract coordinates reasonably approximates the Vim coordinate taken from the stereotactic atlas (X = 14, Y = -5.5, Z = 0) (for all 3 coordinates the differences are statistically insignificant,  $p > 0.05$ ). For the position of the “standard” target point per the most common technique of indirect stereotactic localization of the Vim nucleus – 11 mm outside the 3<sup>rd</sup> ventricle wall and 1/4 of the intercommissure distance (6–7 mm) anteriorly from the posterior commissure – there are no statistically significant differences in relation to the distance from the 3<sup>rd</sup> ventricle ( $p = 0.9527$ ). However, there is a small but statistically significant anterior offset of the tract from this point by on average 0.7 mm ( $p = 0.00132$ ). At the level 2 mm below the anterior and posterior commissure plane, mean values of DRT position were located outward and behind the target point of the cerebellothalamic tract (CTT) recommended for cerebellothalamic tractotomy (8 mm laterally from the 3<sup>rd</sup> ventricle wall and 5–6 mm behind the middle of the intercommissure distance) [11], and this difference was statistically significant ( $p < 0.0001$  for both coordinates).

Additionally, high variability in DRT position was observed. Even in the same patient, position of the tract (compared to the symmetrical point in the opposite hemisphere) differed by  $2.3 \pm 1.2$  mm on average at the level of “zero”

horizontal plane, by  $2.1 \pm 1.1$  mm at the level 2 mm below it, and by  $1.6 \pm 1.1$  mm at the level of maximal size of the red nuclei. At the same time, there was no significant difference in the position of the left and right tracts for all coordinates at all levels ( $p > 0.05$ ).

Evaluation of clinical significance of tract variability was performed based on the level of offset of its center from the “standard” target points. Significant for stereotactic surgery was deviation of the tract center by more than 2 mm from the target point as this difference between the target point and real electrode position is considered threshold for deciding on the necessity of correcting electrode position during surgeries for implanting DBS systems [13]. The distance between individual electrodes in the BenGun system for intraoperative microelectrode recording is also 2 mm. Additionally, the resulting error of the majority of stereotactic frames (including instrumental error, tomography error, intraoperative brain shift, etc.) is also within this value [14].

Analysis of individual position of 68 DRTs in patients at the «zero» level showed that in case of Vim guidance using an atlas, only in 28 (41.7 %) cases the tracts were located within 2 mm radius from the target point (Fig. 1, a) (target point at the horizontal section is not located at the center of a circle with 2 mm radius but a little behind considering the fact that stereotactic trajectory from the frontal approach has a slope of 55–70° relative to the anterior and posterior commissure plane [15]). Using the recommended “standard” target point Vim calculated in relation to the 3<sup>rd</sup> ventricle wall and posterior commissure, tracts were located within 2 mm from it in 35 (51.5 %) cases (Fig. 1, b).

Projection on tracts on the Schaltenbrand and Wahren stereotactic atlas slice ( $Z = 0$  mm)Projection on tracts on the Morel stereotactic atlas slice ( $Z = -2$  mm)

**Fig. 1.** Variability of the dentato-rubro-thalamic (DRT) location at the “zero” horizontal level, expressed in stereotactic coordinate system (a) and in relation to stereotactic landmarks – the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle and the posterior commissure (b). Coordinates of the standard ventral-intermediate nucleus (Vim) target point:  $X = 14$ ,  $Y = -5.5$ ,  $Z = 0$  (a);  $X = 11$  mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle,  $Y = 1/4$  of the distance between the anterior and posterior commissures anteriorly from the posterior commissure,  $Z = 0$  (b). Variability of the location of the DRT on a horizontal level 2 mm below the plane of the anterior and posterior commissures, relative to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle and the middle of the intercommissural line (c). Coordinates of the target point of cerebellothalamic tract (CTT) for cerebellothalamic tractotomy according to M.N. Gallay (indicated in red):  $X = 8$  mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle,  $Y = 5.5$  mm posteriorly from the middle of the intercommissural line,  $Z = -2$ . Coordinates of the corrected target point (green):  $X = 9.3$  mm laterally to the wall of the 3<sup>rd</sup> ventricle,  $Y = 6.7$  mm posteriorly from the middle of the intercommissural line,  $Z = -2$ .

At the level 2 mm below the commissures using the “standard” CTT target for cerebellothalamic tractotomy, tract centers were located within 2 mm from the target point in 24 (35.3 %) cases. However, if at this level the “standard” target is moved into the target point located 9.3 mm laterally from the 3<sup>rd</sup> ventricle wall and 6.7 mm anteriorly from the intercommissure distance (in accordance with the mean

DRT coordinates, see Table 1), then the number of tracts located within 2 mm area from the target point increases to 42 (61.8 %) (Fig. 1, c).

At level of maximal red nuclei diameter, the distance from the cZI target to the DRT center was  $3.7 \pm 1.0$  mm, and almost in all patients it was outside 2 mm area around the target point. The cZI position on the horizontal MRI

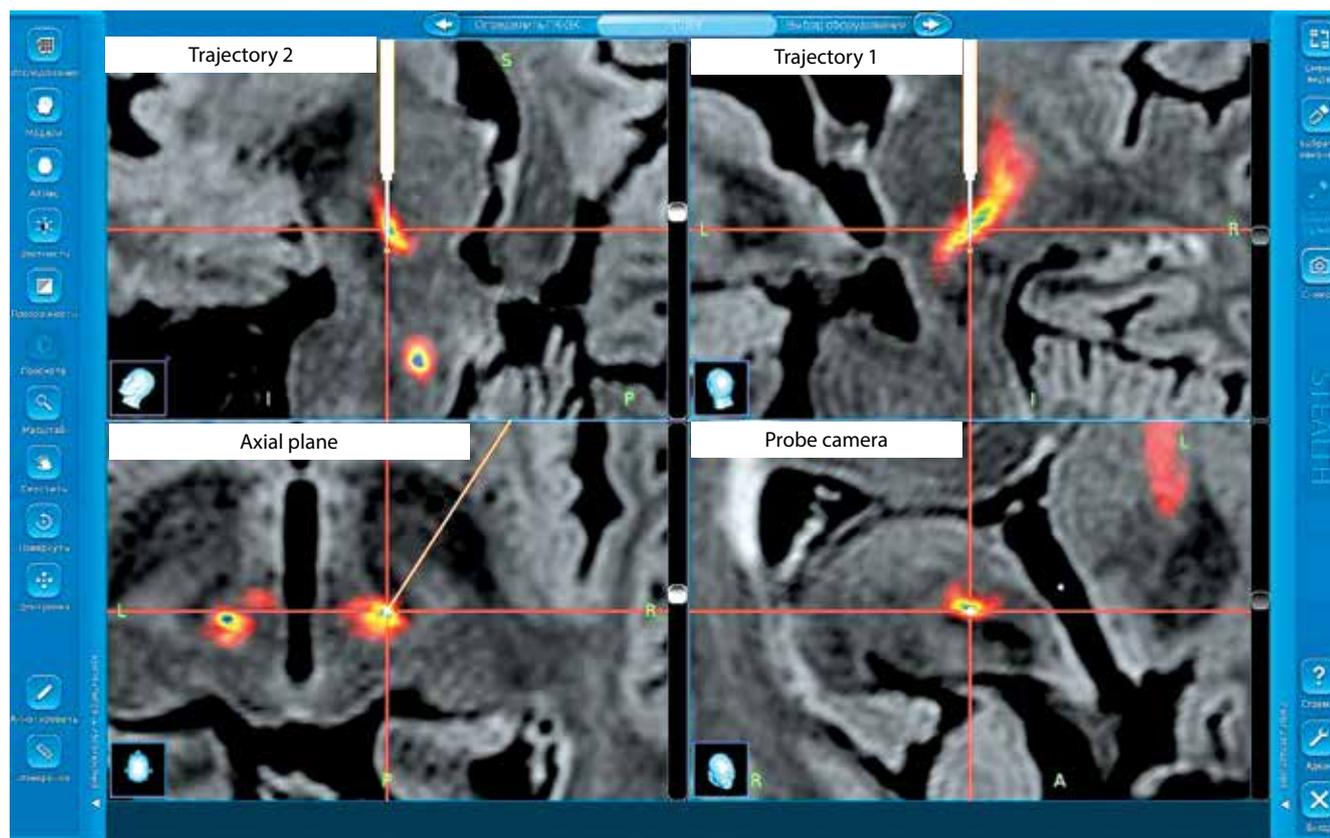
section at this level was determined using the Blomstedt method as a point at the border of 1/3 and 2/3 transversal interval connecting the posterior part of the subthalamic nucleus and the external part of the red nucleus at its maximal diameter [2, 16]. Additionally, evaluation of the distance from the tract to the trajectory of DBS electrode introduction into the cZI target modeled taking into account common principles (burr hole within 1.5 cm from the coronal suture, entry point is located on the gyrus ridge, trajectory should not transect the lateral ventricles and cerebral sulci) was performed [2, 7, 15]. It was determined that at the level of “zero” horizontal plane, the distance from the DRT center to the electrode is  $2.5 \pm 1.4$  mm on average, on the level 2 mm below the “zero” horizontal plane it is  $1.8 \pm 1.1$  mm. The minimal distance to DRT for all trajectories at all levels is  $1.6 \pm 1.0$  mm. Among 68 trajectories, only in 18 cases the minimal distance to the tract was above 2 mm, while in 52 (76.5 %) cases it was within this value (Fig. 2) which explains high effectiveness of the target described in literature.

Additionally, in 11 patients who underwent FGATIR MRI, coordinates of the center of the wing-shaped hypointense signal located laterally relative to the upper part of the red nucleus in its middle zone were determined. According to some authors [9, 17], this area corresponds to prelemniscal

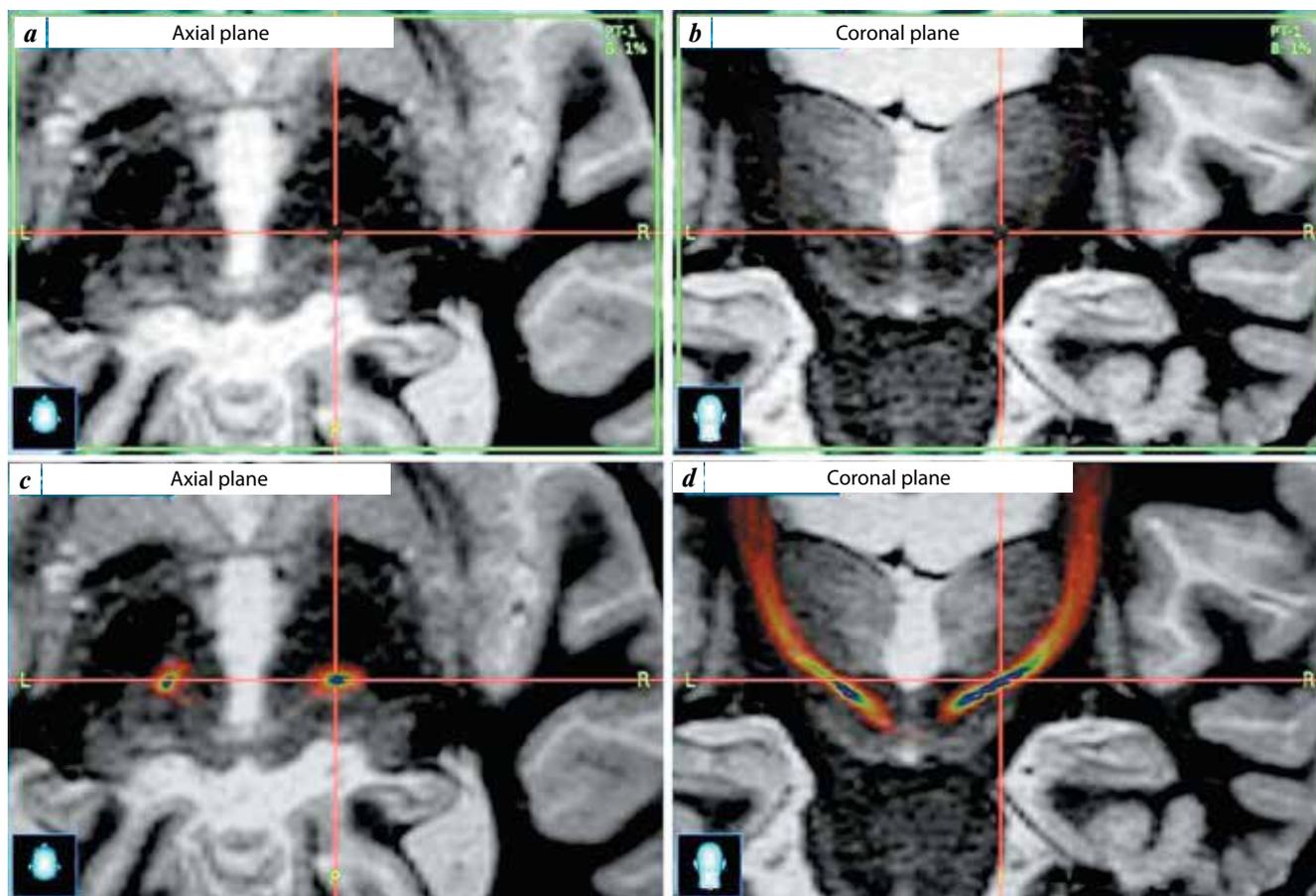
radiations (Raprl) in the PSA structure, including DRT fibers, and is also a stereotactic target in surgical treatment of tremor [18]. Coordinates of the DRT center at the level corresponding to the level of the center of hypointense signal zone (between 0 and 2.8 mm below the plane of the anterior and posterior commissures) were also determined. Difference between these points in patients was statistically insignificant ( $p > 0.05$  for all coordinates) and insignificant in value ( $1.3 \pm 1.1$  mm). Nineteen (86.4 %) of 22 tracts of the right and left hemispheres in this patient group were located within 2 mm from the center of the hypointense zone (Fig. 3). Blend–Altman plots and standard deviations for the targets are presented in Fig. 4.

### DISCUSSION

Among all stereotactic targets, structures of the thalamus and subthalamic zone are practically the only targets which are hard to visualize using MRI and are subject to indirect stereotactic guidance. However, there are quite a lot of studies searching for MRI programs allowing to locate these targets directly. In contrast to T1- and T2-weighted images, the use of sequences weighted by proton density allows to accurately locate the lateral border of the thalamus (including Vim nuclei) and prevent unwanted introduction of an instrument into the internal capsule. However, the



**Fig. 2.** FLAIR magnetic resonance imaging with the superposition of the probabilistic magnetic resonance tractography of dentato-rubro-thalamic tract (DRT). Screenshot from the Medtronic StealthStation S7 navigation station. Simulation of the trajectory of the deep brain stimulation electrode inserted into the caudal zona incerta (cZI) target point. At a distance of 2–5 mm from the target point, the electrode is closely attached to the DRT in most patients



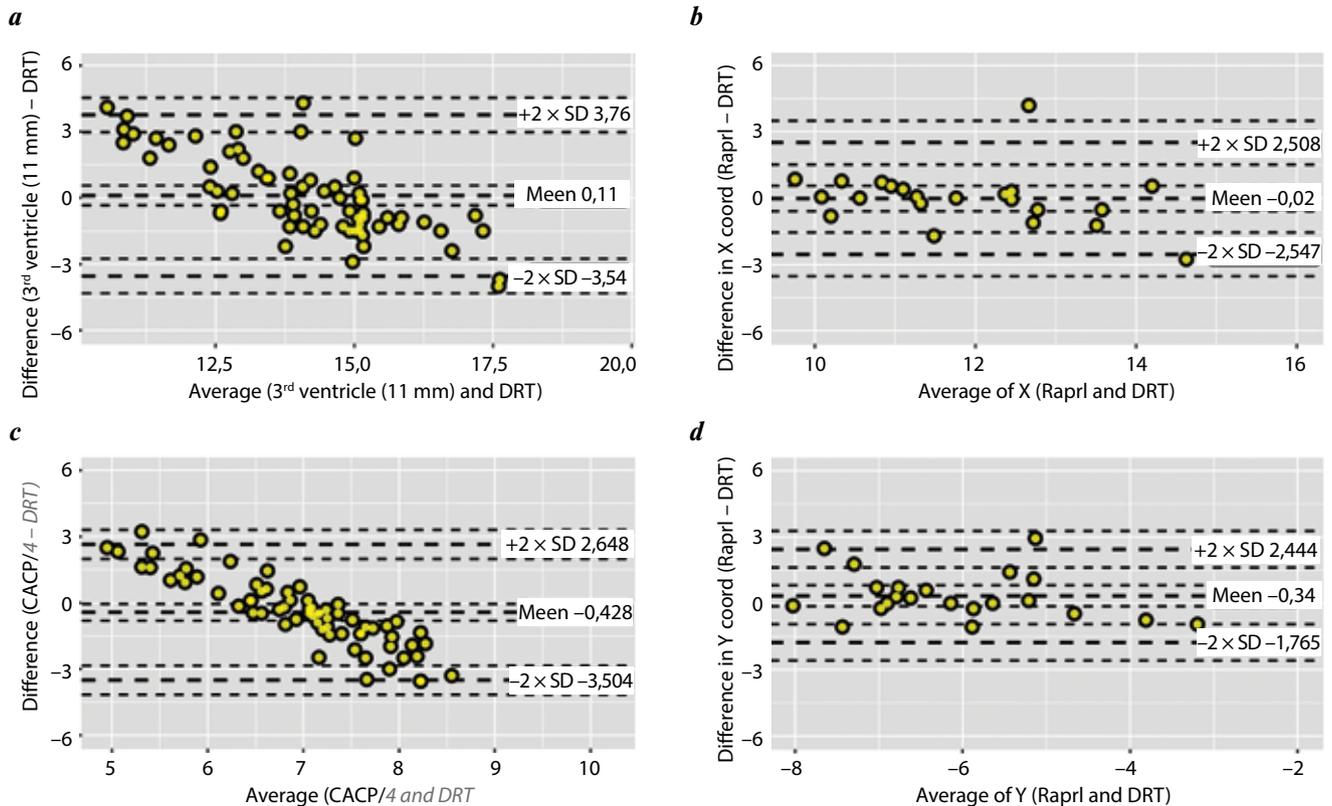
**Fig. 3.** Magnetic resonance imaging (MRI) of the brain in FGATIR mode, the window of the Cranial Medtronic StealthStation S7 program: structural MRI (a, b) and the superimposition of dentato-rubro-thalamic tract (DRT) MRI tractography on structural MRI (c, d); MRI reconstruction in the axial plane (a, c) and in the coronal (b, d). The hypointensive zone laterally to the upper parts of the red nucleus corresponds to the passage of the DRT. The crosshair corresponds to the center of the hypointensive zone

borders between thalamic nuclei are not visible in tomography images despite histological examinations confirming morphological differences between them [19]. Supposedly, in contrast to, for example, the globus pallidus, individual thalamic nuclei are not separated by white matter plates [9]. Other sequences (SWI, STIR, T2-weighted images using high-field MRI, etc. [5, 9]) were also proposed, but they did not achieve widespread use. Presumably, these techniques are too complicated and there is insufficient number of studies proving their clinical advantage compared to standard technique of indirect Vim localization [5].

Due to studies demonstrating the role of cerebello-thalamo-cortical pathway in pathophysiology of tremor, currently the main concept states that the effect of stereotactic treatment of tremor is achieved through direct interaction with the DRT at the Vim or PSA level [5, 6, 20]. Therefore, visualization of this tract should underlie stereotactic guidance to the target in patients with tremor. In recent years, the role of MRI tractography in surgery preparation in this patient group is being actively investigated [4–8, 15, 20–25]. Many articles consider deterministic and probabilistic tractography. Some authors claim that probabilistic tractography is more accurate compared to deter-

ministic as the latter considers only one direction of diffusion for every voxel which can lead to errors during reconstruction of intersecting, branching or neighboring tracts [5, 13]. At the same time, probabilistic tractography based on more complex algorithms requires long calculations (12–32 h compared to 11–18 min for deterministic tractography) and is more sensitive to motion artifacts [5, 13]. We used additional immobilization and calculations based on cloud technologies which allowed to perform quicker and more accurate reconstruction of tract pathways.

Previously it was shown that the effect of DBS on tremor directly depends on the distance between the active contact of the electrode and DTR [5, 7, 21]. However, techniques of stereotactic planning using tractography did not enter wide practice due to the above-mentioned reasons. Therefore, the problem of tract variability in relation to commonly used stereotactic targets is important. In this study, we did not investigate the effectiveness of DRT surgery; we only aimed to evaluate the significance of its individual variability. Only some articles state the stable position of DRT relative to the Vim standard target point [20, 22]. The majority of authors point to wide variability of tracts relative to both the target taken from the atlas and standard



**Fig. 4.** Blend–Altman plots: comparison of the position of the stereotactic coordinates of the dentato-rubro-thalamic tract (DRT) with the most commonly used target for indirect localization ventral intermediate nucleus (Vim) (11 mm lateral to 3<sup>rd</sup> ventricle, 1/4 of the distance between anterior and posterior commissure anterior to the posterior one) (a, b), and the target point calculated from the center of maximum hypointensity signal in the subthalamic region (Raprl) on FGATIR magnetic resonance images (c, d). The variability indices for the target point Raprl are significantly lower

target point calculated relative to the 3<sup>rd</sup> ventricle and posterior commissure. The reason for this, for example, can be more lateral location of the thalamic structures in cases of 3<sup>rd</sup> ventricle expansion. However, this is not observed in atrophy of the thalamus when ventricular expansion happens “*ex vacuo*”. Additionally, in increased distance between the anterior and posterior commissure, the border between the ventral caudal thalamic nucleus and Vim can move posteriorly and not anteriorly [15]. F. Ferreira et al. note the interhemispheric asymmetry of the tracts, and in the left hemisphere the tracts are reliably located posteriorly and laterally reflecting function asymmetry of the hemispheres in healthy individuals [13]. In our study we also observed asymmetry of the tracts in all patients, but displacement vector was not unidirectional. Supposedly, F. Ferreira et al. studied healthy subjects while in our study we used images from patients with neurodegenerative diseases which better reflects experience of preparation for stereotactic surgeries.

Results of our study, as well as others, show high variability of DRT position in relation to the standard targets of preparation for stereotactic surgeries in patients with tremor. Considering that the possibility of using MRI tractography (especially probabilistic) in preparation for stereotactic surgeries remains debatable, the search for new MRI

programs for direct target visualization is very important. In this context, FGATIR mode might be promising as it allows to visualize the Raprl structure, one of the links in the cerebello-thalamo-cortical pathway through which pathological tremor system is realized and which is also used for treatment of tremor by some authors along with the Vim and cZI targets [18, 25]. Apart from DRT, Raprl also includes fibers connecting the orbitofrontal cortex, mesencephalon, globus pallidus, subthalamic nucleus, brainstem structures, and reticular formation [18, 24].

Hypointense MRI signal in the Raprl zone in the posterior subthalamic area laterally from the red nucleus can be caused by merging of intersecting and non-intersecting DRTs which leads to local increase of myelination in this zone [24]. Our study confirms the high degree of correspondence between this directly visualized in MRI structure and presence of DRT on this level. Therefore, this MRI sequence can be useful in planning stereotactic surgeries to treat tremor. However, further research evaluating the clinical effect of interventions based on this technique of stereotactic guidance is needed.

## CONCLUSIONS

Probabilistic MRI tractography data show that the use of standard techniques of indirect stereotactic guidance to

the Vim and CTT structures during DRT surgeries can be achieved in no more than 61.8 % of cases.

Among the techniques of indirect stereotactic guidance in patients with tremor, the highest DRT involvement can be achieved using the Blomstedt technique with introduction of DBS electrodes in the caudal zona incerta. If the electrode is introduced into the standard cZI target point, DRT will be located in the intervention zone proximally

at a distance of 2–5 mm (which corresponds to the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> electrode contact) in 76.5 % of cases.

FGATIR MRI allows to visualize the Raprl structure located in the posterior subthalamic area at the depth between 0 and 2.8 mm below the intercommissure plane. Stereotactic guidance to this target allows to manipulate DRT in 86.4 % of cases. Further research on the role of this MRI sequence in preparation of stereotactic surgeries in patients with tremor is needed.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gamaleya A.A., Tomskiy A.A., Bril' E.V., Shabalov V.A. Electrical stimulation of the deep brain structures in extrapyramidal diseases. The principles of programming. *Nervniye bolezny = Neural Diseases* 2012;4:55–62. (In Russ.).
- Blomstedt P., Sandvik U., Fytagoridis A., Tisch S. The posterior subthalamic area in the treatment of movement disorders: past, present, and future. *Neurosurgery* 2009;64(6):1029–38; discussion 1038–42. DOI: 10.1227/01.NEU.0000345643.69486.BC
- Ramirez-Zamora A., Okun M.S. Deep brain stimulation for the treatment of uncommon tremor syndromes. *Expert Rev Neurother* 2016;16(8):983–97. DOI: 10.1080/14737175.2016.1194756
- Páez-Nova M., Spiegelmann R., Korn-Israeli S. et al. Targeting the vim by direct visualization of the cerebello-thalamo-cortical pathway in 3 T proton density MRI: correlation with focused ultrasound lesioning. *Neurosurg Rev* 2022;45(3):2323–32. DOI: 10.1007/s10143-022-01752-0
- Gravbrot N., Saranathan M., Pouratian N., Kasoff W.S. Advanced imaging and direct targeting of the motor thalamus and dentato-rubro-thalamic tract for tremor: a systematic review. *Stereotact Funct Neurosurg* 2020;98(4):220–40. DOI: 10.1159/000507030
- Van den Berg K.R.E., Helmich R.C. The role of the cerebellum in tremor – evidence from neuroimaging. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y)* 2021;11(1):49. DOI: 10.5334/tohm.660
- Dembek T.A., Petry-Schmelzer J.N., Reker P. et al. PSA and VIM DBS efficiency in essential tremor depends on distance to the dentatorubrothalamic tract. *Neuroimage Clin* 2020;26:102235. DOI: 10.1016/j.nicl.2020.102235
- Peskov V.A., Kholiyavin A.I., Bogdan A.A. Stereotactic guidance to the deep brain structures using the methods of the probabilistic MRI tractography. *Medline.ru. Rossijskiy biomeditsinskiy zhurnal = Medline.ru. Russian Biomedical Journal* 2019;2(20):322–35. (In Russ.).
- Tao S., Zhou X., Westerhold E.M. et al. Optimization of fast gray matter acquisition T1 inversion recovery (FGATIR) on 7T MRI for deep brain stimulation targeting. *NeuroImage* 2022;252:119043. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.119043
- Tournier J.-D., Calamante F., Connelly A. Robust determination of the fibre orientation distribution in diffusion MRI: non-negativity constrained super-resolved spherical deconvolution. *NeuroImage* 2007;35(4):1459–72. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.02.016
- Gallay M.N., Jeanmonod D., Liu J., Morel A. Human pallidothalamic and cerebellothalamic tracts: anatomical basis for functional stereotactic neurosurgery. *Brain Struct Funct* 2008;212(6):443–63. DOI: 10.1007/s00429-007-0170-0
- Tsuboi T., Wong J.K., Eisinger R.S. et al. Comparative connectivity correlates of dystonic and essential tremor deep brain stimulation. *Brain* 2021;144(6):1774–86. DOI: 10.1093/brain/awab074
- Ferreira F., Akram H., Ashburner J. et al. Ventralis intermedialis nucleus anatomical variability assessment by MRI structural connectivity. *NeuroImage* 2021;238:118231. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2021.118231
- Maciunas R.J., Galloway R.L. Jr., Latimer J.W. The application accuracy of stereotactic frames. *Neurosurgery* 1994;35(4):682–94; discussion 694–5. DOI: 10.1227/00006123-199410000-00015
- Fenoy A.J., Schiess M.C. Deep brain stimulation of the dentato-rubro-thalamic tract: outcomes of direct targeting for tremor. *Neuromodulation* 2017;20(5):429–36. DOI: 10.1111/ner.12585
- Eisinger R.S., Wong J., Almeida L. et al. Ventral intermediate nucleus versus zona incerta region deep brain stimulation in essential tremor. *Mov Disord Clin Pract* 2018;5(1):75–82. DOI: 10.1002/mdc3.12565
- Bot M., Pauwels R., van den Munckhof P. et al. The fast gray matter acquisition T1 inversion recovery sequence in deep brain stimulation: introducing the rubral wing for dentato-rubro-thalamic tract depiction and tremor control. *Neuromodulation* 2023;26(8):1705–13. DOI: 10.1016/j.neurom.2021.11.015
- Navarro-Olvera J.L., Diaz-Martinez J.A., Covalada-Rodriguez J.C., Carrillo-Ruiz J.D. Radiofrequency ablation of prelemniscal radiations for the treatment of non-parkinsonian tremor. *Stereotact Funct Neurosurg* 2020;98(3):160–6. DOI: 10.1159/000505699
- Ilnsky I., Horn A., Paul-Gilloteaux P. et al. Human motor thalamus reconstructed in 3D from continuous sagittal sections with identified subcortical afferent territories. *eNeuro* 2018;5(3):ENEURO.0060-18.2018. DOI: 10.1523/ENEURO.0060-18.2018
- Chazen J.L., Sarva H., Stieg P.E. et al. Clinical improvement associated with targeted interruption of the cerebellothalamic tract following MR-guided focused ultrasound for essential tremor. *J Neurosurg* 2018;129(2):315–23. DOI: 10.3171/2017.4.JNS162803
- Middlebrooks E.H., Domingo R.A., Vivas-Buitrago T. et al. Neuroimaging advances in deep brain stimulation: review of indications, anatomy, and brain connectomics. *AJNR Am J Neuroradiol* 2020;41(9):1558–68. DOI: 10.3174/ajnr.A6693
- O'Halloran R.L., Chartrain A.G., Rasouli J.J. et al. Case study of image-guided deep brain stimulation: magnetic resonance imaging-based white matter tractography shows differences in responders and nonresponders. *World Neurosurg* 2016;96:613.e9–16. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.103
- Parras O., Domínguez P., Tomás-Biosca A., Guridi J. [The role of tractography in the localization of the Vim nucleus of the thalamus and the dentato-rubro-thalamic tract for the treatment of tremor (In English, Spanish)]. *Neurologia (Engl Ed)* 2022;37(8):691–9. DOI: 10.1016/j.nrl.2019.09.006
- Neudorfer C., Kroneberg D., Al-Fatly B. et al. Personalizing deep brain stimulation using advanced imaging sequences. *Ann Neurol* 2022;91(5):613–28. DOI: 10.1002/ana.26326
- García-Gomar M.G., Soto-Abraham J., Velasco-Campos F., Concha L. Anatomic characterization of prelemniscal radiations by probabilistic tractography: implications in Parkinson's disease. *Brain Struct Funct* 2017;222(1):71–81. DOI: 10.1007/s00429-016-1201-5

**Author's contribution**

A.I. Kholyavin: development of the research concept, writing the text of the article;  
V.A. Peskov: development of an MRI and tractography scanning protocol, reconstruction of tracts, preparation of illustrations;  
A.O. Berger: data processing.

**ORCID of authors**

A.I. Kholyavin: <https://orcid.org/0000-0003-1934-5458>  
V.A. Peskov: <https://orcid.org/0000-0002-2918-2771>  
A.O. Berger: <https://orcid.org/0000-0002-1049-7765>

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

**Funding.** The study was performed within the framework of state funding for the research work of N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics**

The research protocol was approved by the Ethics Committee of the N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain of the Russian Academy of Sciences (protocol dated 14.07.2020). All patients gave written informed consent to participate in the study.

# COVID-19-ASSOCIATED FRONTAL BONE OSTEOMYELITIS. CLINICAL CASE AND LITERATURE REVIEW

G. Yu. Evzikov<sup>1</sup>, D. Yu. Neretin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 1, 11 Rossolimo St., Moscow 119021, Russia;

<sup>2</sup>A. Ya. Kozhevnikov Clinic of Nervous Diseases of the University Clinical Hospital No. 3, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Bld. 1, 11 Rossolimo St., Moscow 119021, Russia

**Contacts:** Daniil Yuryevich Neretin [neretin.neuro@gmail.com](mailto:neretin.neuro@gmail.com)

COVID-19-associated osteomyelitis is a purulo-necrotic complication of past coronaviral infection. The majority of described cases of this complication are caused by *Mucorales* fungi. Mucormycosis is a severe complication of COVID-19 associated with high mortality rate. Most commonly it affects maxillary sinuses, facial bones, and orbits. Due to quick progression of the disease, it is important to remember the association between COVID-19 infection and purulo-necrotic lesions of the skull that can be complicated by brain involvement.

The article presents a very rare observation of COVID-19-associated osteomyelitis affecting the squamous part of the frontal bone complicated by formation of bilateral symmetrical subgaleal abscesses in the projection of the frontal eminences.

**Keywords:** COVID-19-associated osteomyelitis, complication of coronaviral infection, mucormycosis, purulo-necrotic complication, skull lesions, abscess

**For citation:** Evzikov G. Yu., Neretin D. Yu. COVID-19-associated frontal bone osteomyelitis. Clinical case and literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2024;26(1):92–8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2024-26-1-92-98>

## BACKGROUND

COVID-19-associated osteomyelitis is a purulo-necrotic complication of acute viral respiratory infection caused by the SARS-CoV-2 virus. Since the beginning of the COVID-19 pandemic, many reports on development of purulo-necrotic complications during or after coronaviral infection were published. Cases affecting both the bones of the body and limbs and the face were described. The majority of cases of COVID-19-associated osteomyelitis in international literature were caused by *Mucorales* fungi [1]. Consequently, the disease is traditionally called COVID-19-associated mucormycosis (CAM). The importance and interdisciplinarity of the problem are confirmed by the fact that this COVID-19 complication is encountered by doctors of various specialties – otorhinolaryngologists, maxillofacial surgeons, dentists, neurosurgeons – in all countries of the world. According to the Leading International Fungal Infection (LIFE) database, prior to the pandemic yearly worldwide mucormycosis morbidity was approximately 5,000 cases. Among patients with COVID-19, CAM incidence is 7 per 1,000 patients, and incidence of all fungal infections is 12 cases per 1,000 people. Additionally, there is a statistically significant difference between European and Asian countries: 7 cases in Europe versus 15 cases

in Asian countries per 1,000 patients [2]. The most detailed information on the CAM problem comes from India where almost 30,000 cases of the disease were reported [3–10]. In this article, we present a very rare observation of COVID-19-associated osteomyelitis affecting the squamous part of the frontal bone with formation of bilateral symmetrical subgaleal abscesses in the projection of the frontal eminences.

## CLINICAL CASE

**Patient Ya.**, 62 years, was admitted to the Neurosurgical Division of the Clinic for Nervous Diseases named after A. Ya. Kozhevnikov at the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University in May of 2022. During admission, the patient complained of headaches and presence of painful soft-tissue subcutaneous lumps on the forehead in the projection of the frontal eminences on both sides.

According to the patient and his medical records: on 25.11.2021 he had acute ischemic cerebrovascular accident in the area of the pons Varolii on the left with development of right-sided hemiparesis and dysarthria. He was hospitalized to a neurological hospital where he subsequently was infected with COVID-19. During COVID-19 treatment, he was administered corticosteroids and humidified oxygen insufflation.

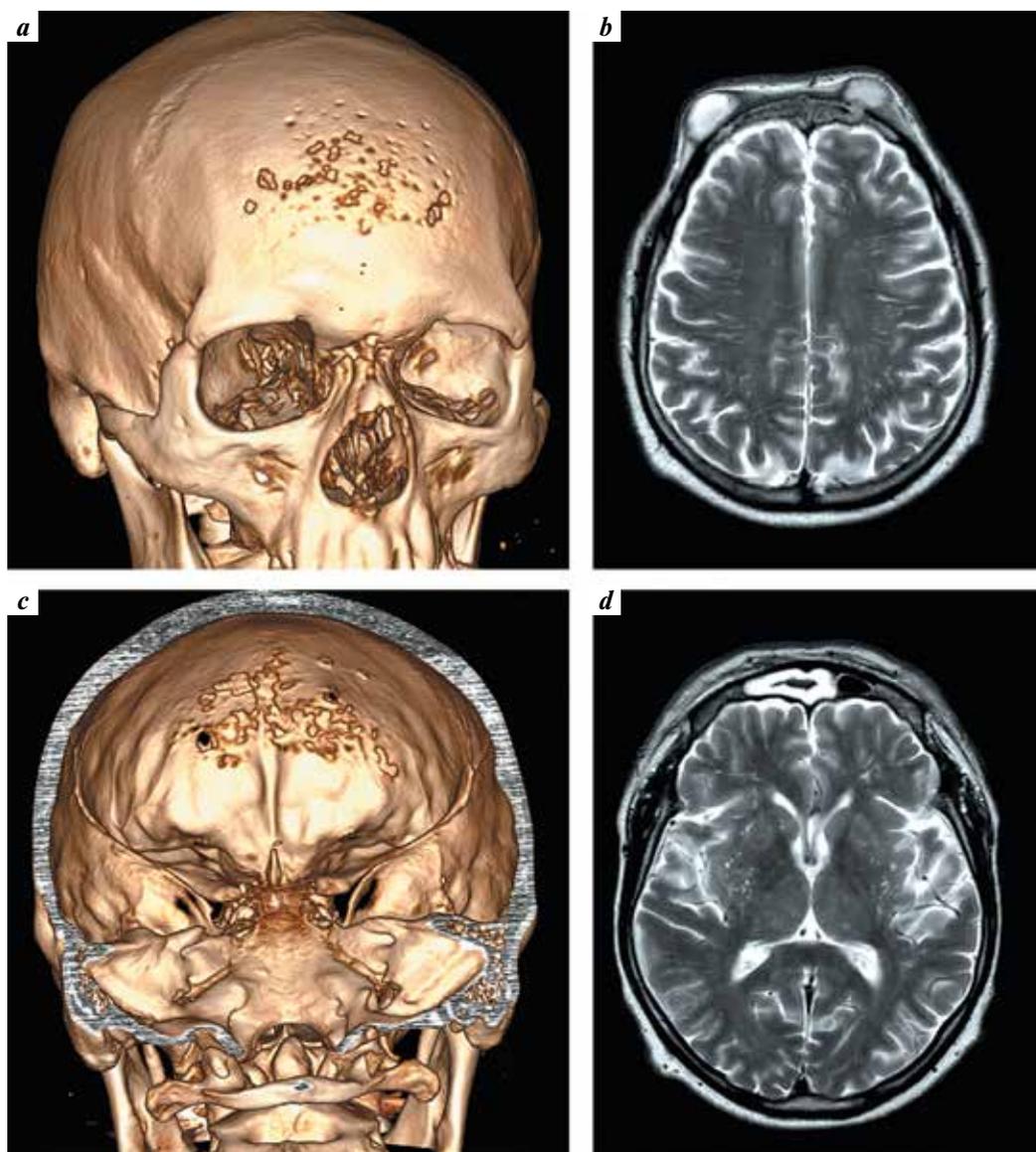
During hospitalization he noticed soreness in the frontal area and rhinorrhea. On 20.01.2022, swelling and deformation of the soft tissues on the forehead on the right acutely appeared but 3 days later these changes dissipated. On 13.02.2022, swelling of the forehead soft tissues on the right developed again, and 5 days later it appeared on the left. Gradually, in the area of the swelling 2 subcutaneous lumps of irregular round shape with dense elastic consistency formed. Antibacterial therapy was prescribed (amoxiclav 2000 mg/day) during which the size of the lumps decreased a little.

On 11.04.2022, the patient underwent magnetic resonance imaging (MRI) of the brain and skull; on 13.04.2022, computed tomography (Fig. 1). Imaging showed multiple foci of frontal bone destruction (osteomyelitis?), bilateral abscesses in the soft tissues of the forehead in the projection of the

frontal eminences. MRI showed signs of frontal sinusitis. Moreover, prior to COVID-19 infection, the patient did not note any signs of chronic inflammation of the paranasal sinuses. Due to the signs of osteomyelitis, the patient was hospitalized to the neurosurgical division for surgical treatment.

At admission, neurological status of the patient showed bilateral spastic hemiparesis, 4 points. Tendon reflexes were activated on the right side with expansion of reflexogenic zones; additionally, on the right side, pathological Babinski, Oppenheim and lower Rossolimo>s reflexes were induced. These changes considering the patient>s medical history were interpreted as consequences of acute cerebrovascular disease.

Blood and spinal fluid tests did not show signs of inflammation. No signs of disseminated lesions in the rest of the skeleton were found.



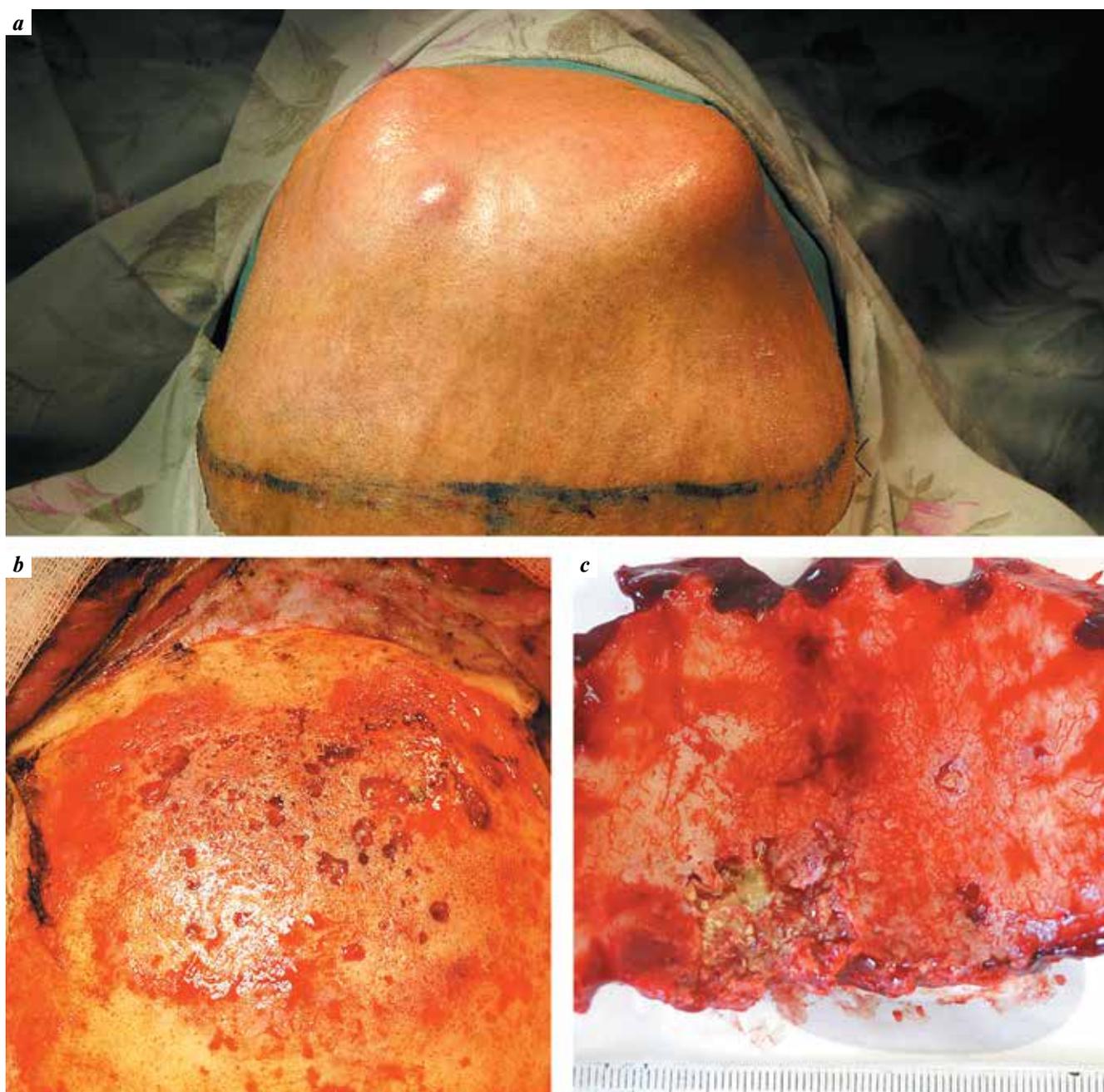
**Fig. 1.** Computed tomography with 3D reconstruction of the skull (a, c) and magnetic resonance imaging (b, d) prior to surgery: a, c – computed tomography images with 3D reconstruction clearly show multiple destruction and perforation lesions in the frontal bone; b, d – T2-weighted images in the axial plane show multiple abscesses of the soft tissues (b) and signs of frontal sinusitis (d)

On 04.05.2022 surgery was performed: resection trephination of the skull in the frontal area, resection of subgaleal abscesses of the soft tissues in the projection of the frontal eminences, resection of the frontal bone changed by osteomyelitis and epidural abscess of the frontal area, sanitation of the frontal sinuses. The surgery was performed through biauricular access. The frontal bone was removed with wide resection of the upper walls of the frontal sinuses. Purulent depositions on the surface of the dura mater were removed. No signs of dura mater perforation and intradural advancement of the inflammatory process were observed. After resection of the

frontal sinus mucosa, their tamponade was performed using autologous transplant of subcutaneous fatty tissue which was immobilized using biological glue (Fig. 2).

Until the results of bacteriologic examination, empirical antibacterial and antifungal therapy was prescribed. Due to negative result of bacteriologic examination for aerobic, anaerobic bacteria and fungi, the therapy was stopped on day 8 after surgery.

The postoperative period was uncomplicated. Fever, liquid and blood accumulation in the surgical area were not observed, the patient was mobilized on day 1 after surgery. The



**Fig. 2.** Intraoperative photos: a – abscesses of the soft tissues above the surface of the frontal eminences; b – damaged squamous part of the frontal bone; c – internal surface of the frontal bone after its resection

sutures were removed on 14<sup>th</sup> postoperative day. Examination of the nasal cavity showed intact mucosa before and after surgery. The patient was discharged from the hospital for dynamic observation and future decision on reconstruction of the bone defect.

## DISCUSSION

Currently, two main elements of pathogenesis of purulo-necrotic lesions of the maxillary sinuses during COVID-19 infection are being considered. The first one is abnormal microcirculation in the bone vessels and mucosa of the sinuses leading to formation of areas of osteomalacia and necrosis serving as a substrate for colonization by conditionally pathogenic flora. Abnormal microcirculation is caused by angiopathic effects of SARS-CoV-2 including abnormalities of the hemostasis system, development of intravascular clotting and macrothrombi in bone vessels and mucosa of the paranasal sinuses, oral and nasal cavities [1, 11, 12].

The second most important element of CAM pathogenesis is immunodeficiency in patients with COVID-19 infection which presumably underlies primarily fungal nature of the infectious agent causing bone lesions. A connection between concomitant disorders promoting abnormal microcirculation and local immune response (in the first place, diabetes mellitus) and development of opportunistic infection, mucormycoses in particular, was observed [13, 14]. Apart from the above stated, analysis of literature data on CAM pathogenesis allows to identify several treatments of COVID-19 which increase the risk of this complication [8, 9, 15]:

- glucocorticoid therapy;
- high-flow oxygen therapy;
- massive antibacterial therapy.

It is supposed that active nasal oxygen insufflation with immunosuppression strengthened by glucocorticoids and microthrombi in mucosal vessels promote invasion of a pathologic agent into the mucosa and underlying bone tissue with subsequent development of osteomyelitis lesions.

Clinical picture of CAM is not particularly specific and usually depends on the location. Considering that the paranasal sinuses, facial bones and orbits are affected the most frequently, typical clinical manifestations are:

- difficulty breathing through the nose;
- pathological discharge (rhinorrhea) from the nasal cavity;
- dryness in the nasal cavity;
- pains in the areas of the mouth, nose, and face.

Computed tomography of the skull and paranasal sinuses allows to detect edema and hypertrophy of the maxillary sinus mucosa, bone destruction (osteomalacia) of the alveolar processes and maxillary sinus walls, frontal sinus, in severe cases – facial bones and frontal bone with formation of bony sequestrums [3, 16].

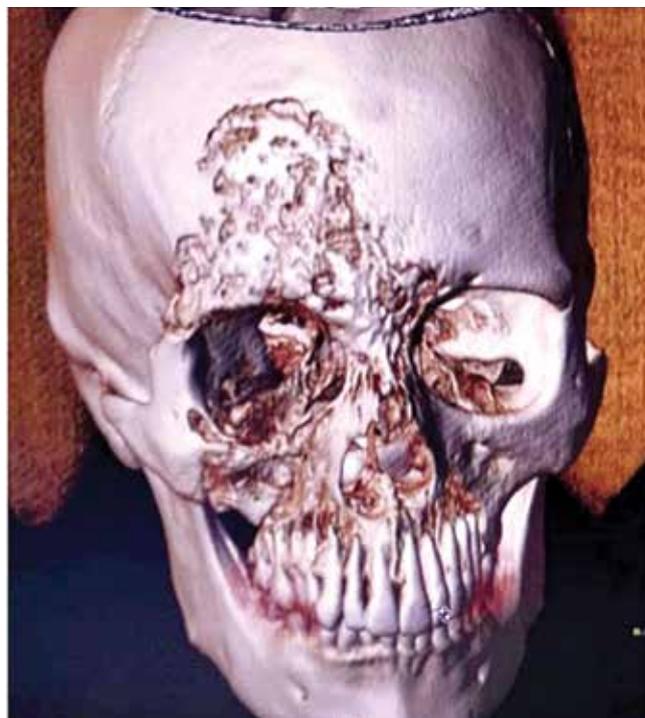
Computed tomography with bolus contrast allows to detect impaired blood flow in the areas of osteonecrosis.

Magnetic resonance imaging (MRI) has lower diagnostic value for detection of bone pathology, but it allows

to evaluate the condition of maxillary sinus mucosa. Additionally, MRI allows to evaluate the condition of the orbits and brain matter in cases of their involvement in purulo-necrotic process [17].

CAM treatment includes surgical sanitation of the focus and subsequent drug therapy which is corrected in accordance with the results of bacteriologic and mycologic assays. Currently, the standard treatment of invasive CAM is amphotericin B in cases of identified fungal causative agent. In other cases, standard postoperative antibiotic prevention in combination with antifungal therapy (isavuconazole, posaconazole, fluconazole) is acceptable. Additionally, correction of the concomitant pathology is necessary, especially glycemia control in patients with diabetes mellitus [8, 11, 13]. In all cases of osteomyelitis in patients with COVID-19, standard bacteriologic assay for aerobic and anaerobic agents with determination of antibiotic sensitivity and special mycologic examination with Sabouraud dextrose chloramphenicol agar seeding, as well as direct and fluorescence microscopy of biological material are necessary [1].

Mucormycosis is a severe complication of COVID-19. Overall mortality of sino-orbital mucormycosis without brain involvement is 24 %, with brain involvement – 59 %. Additionally, 46 % of survivors of these 2 groups experience vision loss [1, 18]. Due to fast progression of the disease, doctors of various specialties should keep in mind the connection between COVID-19 infection and purulo-necrotic infection of the skull which can be complicated by brain involvement.



**Fig. 3.** Computed tomography. 3D image. Multiple lesions in the facial bones, base of the skull and squamous part of the frontal bone. Illustration from the article by S. Eswaran et al. [19]

Currently, the literature describes in detail lesions in the maxilla, nose, and orbit with secondary involvement of the squamous part of the frontal bone (Fig. 3) [19]. Cases of advanced lesions in the squamous part of the frontal bone without signs of involvement of the maxilla and orbit were not yet described in literature which was available to us for analysis. The presented observation is possibly the first such detailed description in clinical practice.

### CONCLUSION

One of the dangerous purulo-necrotic complications of coronavirus infection is COVID-19-associated osteomye-

litis (or CAM) which is usually caused by *Mucorales* fungi. This complication is encountered by doctors of various specialties: otorhinolaryngologists, maxillofacial surgeons, dentists, neurosurgeons. Due to high mortality and fast progression of the disease, the doctors should keep in mind that necrotizing suppurative lesions of the skull can be complicated by brain involvement. In all cases of osteomyelitis in patients with COVID-19, bacteriologic examination for aerobic and anaerobic agents with determination of antibiotic sensitivity is necessary. CAM treatment includes surgical sanitation of the lesion and subsequent drug therapy as well as correction of the concomitant pathology.

## REFERENCES

- Baranova I.B., Yaremenko A.I., Zubareva A.A. et al. Mucormycosis of the bones of the facial skull, nasal cavity and paranasal sinuses in patients with COVID-19. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya = Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy* 2021;23(4):347–58. (In Russ.). DOI: 10.36488/cmacc.2021.4.347-358
- Hussain S., Riad A., Singh A. et al. Global prevalence of COVID-19-associated mucormycosis (CAM): living systematic review and meta-analysis. *J Fungi (Basel)* 2021;7(11):985. DOI: 10.3390/jof7110985
- Elmokadem A.H., Bayoumi D., Mansour M. et al. COVID-19-associated acute invasive fungal sinusitis: clinical and imaging findings. *J Neuroimaging* 2022;32(4):676–89. DOI: 10.1111/jon.12967
- Muthu V., Rudramurthy S.M., Chakrabarti A., Agarwal R. Epidemiology and pathophysiology of COVID-19-associated mucormycosis: India versus the rest of the world. *Mycopathologia* 2021;186(6):739–54. DOI: 10.1007/s11046-021-00584-8
- Dar-Odeh N., Bobamuratova D.T., Alnazzawi A. et al. Jaw-related complications in COVID-19 patients; a systematic review. *Cranio* 2022;1–8. Online ahead of print. DOI: 10.1080/08869634.2022.2031438
- Nasir N., Farooqi J., Mahmood S.F., Jabeen K. COVID-19 associated mucormycosis: a life-threatening complication in patients admitted with severe to critical COVID-19 from Pakistan. *Clin Microbiol Infect* 2021;27(11):1704–7. DOI: 10.1016/j.cmi.2021.07.038
- Prakash H., Chakrabarti A. Global epidemiology of mucormycosis. *J Fungi (Basel)* 2019;5(1):26. DOI: 10.3390/jof5010026
- Rudramurthy S.M., Hoenigl M., Meis J.F. et al. ECMM/ISHAM recommendations for clinical management of COVID-19 associated mucormycosis in low- and middle-income countries. *Mycoses* 2021;64(9):1028–37. DOI: 10.1111/myc.13335
- Selarka L., Sharma S., Saini D. et al. Mucormycosis and COVID-19: an epidemic within a pandemic in India. *Mycoses* 2021;64(10):1253–60. DOI: 10.1111/myc.13353
- Song G., Liang G., Liu W. Fungal co-infections associated with global COVID-19 pandemic: a clinical and diagnostic perspective from China. *Mycopathologia* 2020;185(4):599–606. DOI: 10.1007/s11046-020-00462-9
- Amonov Sh., Karshiev Kh., Enazarov D., Normuminov F. Therapeutic tactics in patients with post-COVID purulent-inflammatory complications of the maxillofacial region. *Stomatologiya = Dentistry* 2021;82(1):92–5. (In Russ.). DOI: 10.34920/2091-5845-2021-30
- Ubaidullaev M.B., Suleymanov A.M., Agaidarova G.M. Post-COVID syndrome. Cases from practice. Chronic osteomyelitis of the upper jaw. *Meditsina i innovatsii = Medicine and Innovation* 2021;1(4):333–6. (In Russ.).
- Bobamuratova D.T., Boymuratov Sh.A., Dar-Odeh N.S. et al. Impact of COVID-19 disease and its treatment on the development of maxillofacial complications. *Adv Oral Maxillofac Surg* 2021;4(10):100169. DOI: 10.1016/j.adoms.2021.100169
- El-Kholy N.A., El-Fattah A.M.A., Khafagy Y.W. Invasive fungal sinusitis in post COVID-19 patients: a new clinical entity. *Laryngoscope* 2021;131(12):2652–8. DOI: 10.1002/lary.29632
- Singh A.K., Singh R., Joshi S.R., Misra A. Mucormycosis in COVID-19: a systematic review of cases reported worldwide and in India. *Diabetes Metab Syndr* 2021;15(4):102146. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.05.019
- Jindal G., Sethi A., Bhargava K. et al. Imaging findings in invasive rhino-orbito-cerebral mucormycosis in post-COVID-19 patients. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 2021;35(1):32–4. DOI: 10.1080/08998280.2021.1981100
- Kondapavuluri S.K., Anchala V.K.R., Bandlapalli S. et al. Spectrum of MR imaging findings of sinonasalmucormycosis in post COVID-19 patients. *Br J Radiol* 2021;94(1127):20210648. DOI: 10.1259/bjr.20210648
- Hoenigl M., Seidel D., Carvalho A. et al. The emergence of COVID-19 associated mucormycosis: a review of cases from 18 countries. *Lancet Microbe* 2022;3(7):e543–e52. DOI: 10.1016/S2666-5247(21)00237-8
- Eswaran S., Balan S.K., Saravanam P.K. Acute fulminant mucormycosis triggered by Covid 19 infection in a young patient. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2022;74(Suppl 2):3442–6. DOI: 10.1007/s12070-021-02689-4

**Author's contribution**

G.Yu. Evzikov: patient observation, performing a surgical operation;

D.Yu. Neretin: collecting data for analysis, analyzing the data obtained, monitoring the patient, reviewing the literature on the topic of the article, article writing.

**ORCID of authors:**

G.Yu. Evzikov: <https://orcid.org/0000-0002-6715-6021>

D.Yu. Neretin: <https://orcid.org/0000-0001-8839-3096>

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

**Funding.** The work was performed without external funding.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics.**

The patient has signed an informed consent to the publication of his data.