



АССОЦИАЦИЯ
НЕЙРОХИРУРГОВ
РОССИИ

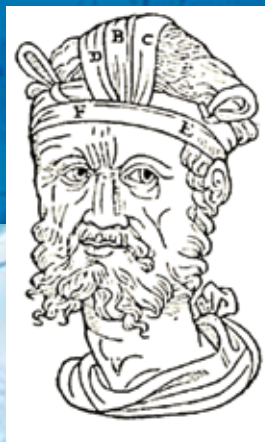
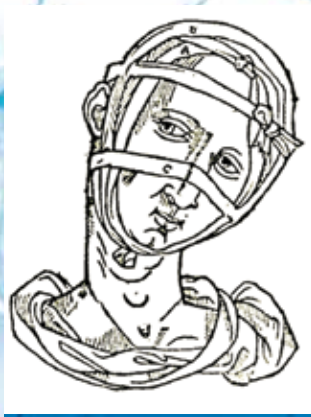
ISSN 2587-7569 (Online)

ISSN 1683-3295 (Print)

НЕЙРОХИРУРГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

НЕЙРОХИРУРГИЯ 2023 • Том 25 • № 2



RUSSIAN JOURNAL OF NEUROSURGERY

Ближайшие и отдаленные
результаты эндоваскулярного
лечения церебральных
аневризм

Видеоторакоскопическое
лечение дискогенной
грудной миелопатии

The effects of laminectomy
surgery on pain, functional
disability, sensitization and
active trigger points in subjects
with lumbar disc herniation

Развитие аневризмы
внутренней сонной артерии
на фоне успешного
консервативного лечения
пролактиномы

2

ТОМ 25

2023

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 .

2 **ТОМ 25**
'23

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

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

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

Редактор Л.К. Прякина
Корректоры: Т.П. Помилуйко, Р.В. Журавлева
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. 2023. Том 25.
№ 2. 1–189.

©ООО «ИД «АБВ-пресс», 2023.
Подписной индекс в каталоге
«Пресса России» – 39895.

Отпечатано в типографии
ООО «Медиаколор».
Москва, Сигнальный пр-д, 19.
Тираж 2000 экз. Бесплатно.
<http://www.therjn.com/jour/index>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Гринь Андрей Анатольевич, чл.-корр. РАН, д.м.н. (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)

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

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

Древалль 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)

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

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

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

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

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

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

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

Трофимова Елена Юрьевна, д.м.н., профессор (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)

Черемилло 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 (Тайбэй)

Zelman, Vladimir, профессор (США)

"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

2 VOL. 25
'23

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
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 L.K. Priakhina
Proofreaders: T.P. Pomiluiiko, R.V. Zhuravleva
Designer E.V. Stepanova
Maker-up O.V. Goncharuk

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

Project Manager
N.A. Kovaleva +7 (499) 929-96-19,
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.
2023. Vol 25. No. 2. 1–189.

©PH "ABV-Press", 2023.

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 (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)*
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)*
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)*
Petrikov, Sergey S., *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*
Polunina, Natalya A., *MD, PhD (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)*
Trofimova, Elena Yu., *MD, DMSc, Professor (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 (Taipei)*
Zelman, Vladimir, *MD, PhD, Professor (USA)*

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНАЯ РАБОТА

- В.В. Бобинов, Л.В. Рожченко, А.Е. Петров, С.А. Горощенко, Е.Г. Коломин, Н.К. Самочерных, Н.Ю. Туканов, К.А. Самочерных*
Ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения церебральных аневризм10, 154
- В.Н. Шиманский, В.К. Поштаев, Г.А. Денисова, С.В. Таняшин, Г.Л. Кобяков, К.В. Шевченко, В.В. Карнаухов*
Интраоперационная контраст-усиленная ультразвуковая навигация в хирургии внутримозговых опухолей головного мозга20
- Ю.Е. Кубецкий, Е.Д. Анисимов, Р.В. Халепа, Е.А. Лопарев, Д.А. Рзаев, Е.В. Амелина, В.В. Кельмаков*
Видеоассистированное торакоскопическое лечение дискогенной грудной миелопатии28, 162
- А.Ю. Кордонский, А.Ю. Перминов, Н.С. Фоменко, А.Р. Самарин, В.А. Хамурзов, К.В. Грецких, А.А. Гринь*
Оценка себестоимости лечения пациентов с осложненной травмой грудного и поясничного отделов позвоночника в условиях многопрофильного стационара41
- K. Ezzati, Z. Rehanian, Sh. Yousefzadeh-Chabok, Sh. Ghadarjani, A. Davoudi-Kiakalayeh*
The effects of laminectomy surgery on pain, functional disability, sensitization and active trigger points in subjects with lumbar disc herniation60, 173

НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

- О.Б. Малышев, И.М. Агзамов, А.Л. Хрущ, А.А. Ширинский*
Вариант течения хронической субдуральной гематомы (наблюдение из практики)69
- М.А. Кутин, Л.И. Астафьева, И.В. Чернов, К.Г. Микеладзе, С.Б. Яковлев, А.Н. Лавренюк, А.Д. Донской, П.Л. Калинин*
Развитие аневризмы внутренней сонной артерии на фоне успешного консервативного лечения пролактиномы75, 180

В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ

- Н.П. Хайат, М.Г. Перейра, Д.Г. Гонсалвес, П.Х. Пирес Агиар, Б.М. Лопес, И.А. Эстеван, К.С. Пачеко, П.Х. Агиар*
Круговое множественное отверстие для хирургического удаления эктра- и интракраниальной менингиомы (техническое примечание)83

ЛЕКЦИЯ

- А.П. Сайфуллин, А.Е. Боков, А.А. Мордвинов, С.Г. Млявых*
Технология ускоренного восстановления после операции: современное состояние в спинальной нейрохирургии ... 89

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

- А.В. Природов, П.И. Соловьева, И.А. Хрипун, М.М. Микаилов*
Противоопухолевая терапия глюкокортикоидами у пациентов с глиомами: за и против106
- А.В. Щербинин*
Низкопоточный эктра-интракраниальный анастомоз в острейшем и остром периодах ишемического инсульта каротидного и вертебро-базиллярного бассейнов (обзор литературы)114
- Е.А. Орлов, Н.А. Полунина*
Венозная реваскуляризация головного мозга при менингиомах130
- В.И. Скворцова, В.В. Белоусов, В.М. Джафаров, И.В. Сенько, В.В. Крылов*
Транскраниальный фокусированный ультразвук в нейрохирургии: терапевтические возможности и экспериментальные исследования140

ПУБЛИЦИСТИКА

- Т.А. Фоминых, С.А. Кутя, В.С. Уланов*
Трактат Якопо Беренгарии да Карпи «De fractura calve»148

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ 187

CONTENTS

ORIGINAL REPORT

- V.V. Bobinov, L.V. Rozhchenko, A.E. Petrov, S.A. Goroshchenko, E.G. Kolomin, N.K. Samochernikh, N.Yu. Tukanov, K.A. Samochernikh*
Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms10, 154
- V.N. Shimansky, V.K. Poshataev, G.A. Denisova, S.V. Tanyashin, G.L. Kobayakov, K.V. Shevchenko, V.V. Karnaukhov*
Contrast-enhanced ultrasound navigation in glioma surgery20
- Yu.E. Kubetsky, E.D. Anisimov, R.V. Khalepa, E.A. Loparev, D.A. Rzaev, E.V. Amelina, V.V. Kelmakov*
Video-assisted thoracoscopic treatment of discogenic thoracic myelopathy28, 162
- A.Yu. Kordonsky, A.Yu. Perminov, N.S. Fomenko, A.R. Samarin, V.A. Khamurзов, K.V. Gretsikh, A.A. Grin'*
Determination of the cost of treatment of patients with complicated spinal injury at the thoracic and lumbar levels in a multidisciplinary hospital41
- K. Ezzati, Z. Rehanian, Sh. Yousefzadeh-Chabok, Sh. Ghadarjani, A. Davoudi-Kiakalayeh*
The effects of laminectomy surgery on pain, functional disability, sensitization and active trigger points in subjects with lumbar disc herniation60, 173

FROM PRACTICE

- O.B. Malyshev, I.M. Agzamov, A.L. Khrushch, A.A. Shirinsky*
A variant of the course of chronic subdural hematoma (clinical case)69
- M.A. Kutin, L.I. Astafyeva, I.V. Chernov, K.G. Mikeladze, S.B. Yakovlev, A.N. Lavrenyuk, A.D. Donskoy, P.L. Kalinin*
Development of internal carotid artery aneurysm after successful conservative treatment of prolactinoma75, 180

TO HELP A PRACTICAL DOCTOR

- N.P. Haiat, M.G. Pereira, D.G. Gonsalves, P.H. Pires Aguiar, B.M. Lopes, I.A. Estevão, C.C. Pacheco, P.H. Aguiar*
Circular multiple burr hole for surgical removal of an extra and intracranial meningioma (technical note)83

LECTURE

- A.P. Sayfullin, A.E. Bokov, A.A. Mordvinov, S.G. Mlyavykh*
Enhanced recovery after surgery: the current state in spinal neurosurgery89

LITERATURE REVIEW

- A.V. Prirodov, P.I. Solovyeva, I.A. Khripun, M.M. Mikailov*
The use of glucocorticoids in the treatment of cerebral edema for glioma tumour patients106
- A.V. Shcherbinin*
Low-flow extra-intracranial bypass in acute carotid and vertebrobasilar ischemic stroke (literature review)114
- E.A. Orlov, N.A. Polunina*
Cerebral venous revascularization in meningioma surgery130
- V.I. Skvortsova, V.V. Belousov, V.M. Dzhafarov, I.V. Senko, V.V. Krylov*
Transcranial focused ultrasound in neurosurgery: therapeutic possibilities and experimental studies140

PUBLICISM

- T.A. Fominykh, S.A. Kutya, V.S. Ulanov*
Treatise of Jacopo Berengario da Carpi "De fractura calve"148

INFORMATION FOR AUTHORS 187

БЛИЖАЙШИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

**В.В. Бобин, Л.В. Рожченко, А.Е. Петров, С.А. Горощенко, Е.Г. Коломин, Н.К. Самочерных,
Н.Ю. Туканов, К.А. Самочерных**

*Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова – филиал
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия,
197341 Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2*

Контакты: Василий Витальевич Бобин neuro.bobinov@yandex.ru

Введение. Отдаленные ангиографические исследования после эндоваскулярного лечения церебральных аневризм могут демонстрировать нестабильный результат как в виде формирования рецидива, так и в виде повышения степени окклюзии при изначально неполном закрытии мешка аневризмы. Рецидивы церебральных аневризм представляют собой важную медико-социальную проблему, сопоставимую по рискам кровоизлияния с неоперированной аневризмой.

Цель исследования – оценка ближайших и отдаленных результатов эндоваскулярного лечения пациентов с церебральными аневризмами, прооперированных с использованием различных внутрисосудистых методик.

Материалы и методы. В настоящее исследование включены 167 пациентов (48 мужчин и 119 женщин) с 195 церебральными аневризмами в возрасте от 18 до 75 лет, прооперированных с использованием эндоваскулярных методов лечения с 2013 по 2016 г. на базе нейрохирургического отделения №3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Средний возраст больных составил 52 ± 12 лет (от 18 до 75 лет). Выбор метода внутрисосудистого лечения у включенных в исследование пациентов основывался на анатомо-топографических и морфометрических особенностях аневризмы, а также с учетом периода течения аневризматической болезни.

Результаты. Согласно данным контрольных ангиографических исследований после внутрисосудистого лечения пациентов с церебральными аневризмами степень окклюзии аневризмы в отдаленном послеоперационном периоде может отличаться от изначально достигнутой. Вероятность рецидива аневризмы после ее изолированной окклюзии спиралями может достигать 13,1 % уже через 6 мес после проведенного оперативного лечения, 31,7 % через 12 мес и 22,3 % через 36 мес, что составляет в среднем 22,5 % ($p < 0,05$).

Заключение. Персонализированный подход при выборе оптимальной хирургической тактики для лечения пациентов с церебральными аневризмами позволяет достичь стабильной радикальной окклюзии аневризмы, снизить частоту послеоперационных осложнений и рецидивов аневризм в отдаленном послеоперационном периоде.

Ключевые слова: церебральная аневризма, эндоваскулярная окклюзия, отделяемые спирали, баллон-ассистенция, стент-ассистенция, отклоняющий стент

Для цитирования: Бобин 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

Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms

**V.V. Bobinov, L.V. Rozhchenko, A.E. Petrov, S.A. Goroshchenko, E.G. Kolomin, N.K. Samochernikh, N.Yu. Tukanov,
K.A. Samochernikh**

V.L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratov St., Saint Petersburg 197341, Russia

Contact: Vasily Vitalievich Bobinov neuro.bobinov@yandex.ru

Introduction. Postoperative angiographic examinations after endovascular treatment of cerebral aneurysms may demonstrate unstable results, both in the form of recurrence formation, and in the form of increased degree of occlusion

with initially incomplete occlusion of the aneurysm sac. Cerebral aneurysm recurrences represent an important medical and social problem comparable in terms of hemorrhage risks with nonoperated aneurysms.

Aim. To estimate the early and long-term results of endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms operated on using different endovascular techniques.

Materials and methods. The present study included 167 patients (48 men and 119 women) with 195 cerebral aneurysms aged from 18 to 75 years who were operated on using endovascular techniques at the neurosurgical department No. 3 of the Russian Research Neurosurgical Institute named after Prof. A. L. Polenov from 2013 to 2016. The average age of the patients was 52 ± 12 years, the minimum age was 18 years, and the maximum age was 75 years. The choice of endovascular treatment method in the patients included in the study was based on anatomico-topographic and morphometric features of aneurysm, as well as taking into account the period of aneurysmal disease course.

Results. The study of data of control angiographic examinations after endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms showed that in the remote postoperative period the degree of aneurysm occlusion may differ from that initially achieved. The probability of aneurysm recurrence after its isolated occlusion with coils may reach 13.1 % already in 6 months after surgical treatment, 31.7 % after 12 months and 22.3 % after 36 months, averaging 22.5 % ($p < 0.05$).

Conclusion. The personalized approach in choosing optimal surgical tactics for the treatment of patients with cerebral aneurysms allows to achieve stable radical aneurysm occlusion, to decrease the incidence of postoperative complications and aneurysm recurrences in the long-term postoperative period.

Keywords: cerebral aneurysm, endovascular occlusion, detachable spirals, balloon-assist, stent-assist, deflecting stent

For citation: Babinov 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. (In Russ.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19

ВВЕДЕНИЕ

Церебральные аневризмы представляют собой патологические локальные выпячивания стенки артерии и становятся одной из основных причин внутримозгового кровоизлияния, возникающего чаще у лиц трудоспособного возраста [1, 2]. Осложненное течение аневризматической болезни может привести к развитию грубого, стойкого неврологического дефицита или летальному исходу [3]. В последние десятилетия, в том числе благодаря активному внедрению внутрисосудистых методик окклюзии церебральных аневризм, достигнут значительный прогресс в лечении пациентов с этой цереброваскулярной патологией. Достижения последних лет позволили расширить сферу применения внутрисосудистых методик практически на все виды и локализации церебральных аневризм, создавая прямую альтернативу микрохирургическому лечению [4, 5]. Результаты крупных международных рандомизированных исследований, таких как International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) и Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT), продемонстрировали лучшие клинические исходы при внутрисосудистом лечении пациентов в остром периоде субарахноидального кровоизлияния по сравнению с микрохирургическими методиками, при этом отмечены такие преимущества, как возможность с меньшими рисками оперировать пациентов изначально в тяжелом состоянии, с отягощенным соматическим статусом, грубым неврологическим дефицитом, обусловленным в том числе разрывом аневризмы, а также возможность проведения химической ангиопластики для лечения и профилактики церебрального вазоспазма [6, 7].

Постепенное накопление данных об отдаленных результатах внутрисосудистой окклюзии аневризм по-

зволило понять, что достигнутый радикальный результат выключения аневризмы из кровотока может быть недолговечным, а в ряде случаев устраненные риски внутримозгового кровоизлияния могут возобновиться [8–11]. При этом в большинстве сообщений о кровоизлиянии из ранее окклюзированных аневризм указывается на более тяжелое течение заболевания, которое чаще приводит к глубокой инвалидизации и летальному исходу [12–14].

Таким образом, очевидны необходимость и актуальность изучения причин рецидивирования церебральных аневризм после внутрисосудистых вмешательств, а также оптимизация тактики их эндоваскулярного лечения в зависимости от факторов риска формирования рецидива.

Цель исследования — оценка ближайших и отдаленных результатов эндоваскулярного лечения пациентов с церебральными аневризмами, прооперированных с использованием различных внутрисосудистых методик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее исследование включены 167 пациентов (48 мужчин и 119 женщин) с 195 церебральными аневризмами в возрасте от 18 до 75 лет, оперированных с использованием эндоваскулярных методов лечения с 2013 по 2016 г. на базе нейрохирургического отделения № 3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова — филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Средний возраст больных составил 52 ± 12 лет (от 18 до 75 лет).

Следует отметить, что из 195 аневризм внутримозговым кровоизлиянием проявили себя 76 (39 %),

другими неврологическими симптомами (масс-эффект, тромбоэмболия из мешка аневризмы) — 19 (9,7 %), выявлены случайным образом 100 (51,3 %) аневризм. Отделяемыми спиралями, в том числе с использованием ассистирующих методик, окклюзированы 169 (86,7 %) церебральных аневризм, из них в 64 (37,9 %) случаях достигнуто выключение аневризмы из кровотока с использованием отделяемых спиралей без дополнительных ассистирующих методик, в 41 (24,2 %) случае использовалась баллон-ассистенция, в 64 (37,9 %) — стент-ассистенция. В 26 (13,3 %) наблюдениях выполнена реконструкция несущей аневризму артерии потокоотклоняющим стентом.

Выбор метода внутрисосудистого лечения у пациентов, вошедших в наше исследование, основывался на анатомо-топографических и морфометрических особенностях аневризмы с учетом периода клинического течения аневризматической болезни.

ОЦЕНКА ПЕРВИЧНЫХ АНГИОГРАФИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННОГО ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

При анализе ангиограмм, выполненных в конце оперативного лечения, определялись радикальность выключения аневризмы из кровотока, сохранность вовлеченных в аневризму артериальных ветвей, отсутствие провисания витков спиралей в просвет сосуда, наличие стагнации контрастного вещества в мешке аневризмы (если использовались методики стентирования несущей аневризму артерии), позиция имплантированного стента. Класс окклюзии аневризмы оценивался по классификациям окклюзии Раймонда—Роу (Raymond—Roy Occlusion Classification, RROC, 2006) и Чекирге—Саатчи (Cekirge—Saatci, CSC, 2016).

Из 195 церебральных аневризм 169 (86,7 %) были окклюзированы отделяемыми спиралями, в том числе с использованием ассистирующих методик, из них в 64 (37,9 %) случаях достигнуто выключение аневризмы из кровотока с использованием отделяемых спиралей без дополнительных ассистирующих методик, в 41 (24,2 %) случае использовалась баллонная ассистенция, в 64 (37,9 %) — стент-ассистенция. В 26 (13,3 %) вмешательствах выполнена реконструкция несущей аневризму артерии потокоотклоняющим стентом. Тотальное выключение аневризмы из кровотока достигнуто в 101 (58,8 %) случае, субтотальное — в 52 (30,8 %), в 16 (9,4 %) случаях выполнена частичная окклюзия ($p < 0,05$) (рис. 1).

Отмечено повышение первичной радикальности оперативного лечения, направленного на выключение аневризмы из кровотока при использовании ассистирующих методик (отношение шансов (ОШ) 1,726; 95 % доверительный интервал (ДИ) 0,917—3,251; $p < 0,05$). При стент-ассистенции показатели радикальности более высокие по сравнению с группой без ассистирующих методик — 68,8 и 51,6 % соответственно (ОШ = 2,067,

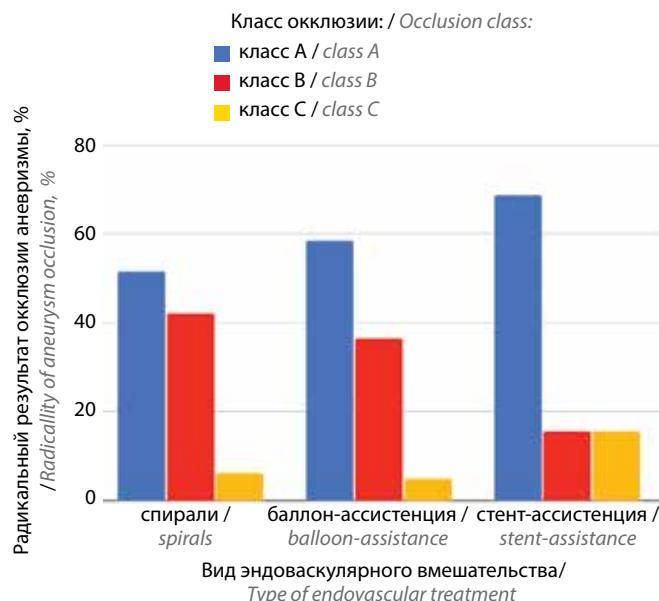


Рис. 1. Первичная радикальность окклюзии церебральных аневризм по классификации Раймонда—Роу

Fig. 1. Raymond—Roy initial radicality of cerebral aneurysm occlusion

95 % ДИ 1,005—4,250, $p < 0,05$). Во всех 26 случаях применения потокоотклоняющих стентов достигнуто ремоделирование несущего аневризму сосуда (класс IVa по CSC).

По нашим данным, неблагоприятными факторами, препятствующими достижению тотальной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями, в том числе с использованием баллон-ассистенции, являются широкая (более 6 мм) шейка и крупный (15—25 мм) размер аневризмы ($p < 0,005$), а благоприятными — размеры шейки в диапазоне 3—6 мм и ее обычный (4—15 мм) размер ($p < 0,005$).

ОЦЕНКА ОТДАЛЕННЫХ АНГИОГРАФИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Отдаленными результатами мы считали данные селективной церебральной ангиографии, выполненной не ранее 6 мес после проведенного оперативного вмешательства. При анализе контрольных ангиограмм учитывались динамика и полнота выключения аневризмы из кровотока с применением указанных классификаций RROC (2006) и CSC (2016).

Проведенный анализ контрольных ангиограмм показал, что результат окклюзии может быть стабильным и нестабильным, во втором случае он может быть обусловлен как повышением степени окклюзии изначально нерадикально выключенной аневризмы, так и формированием рецидива (рис. 2). Полученные данные свидетельствуют о высокой частоте нестабильной окклюзии церебральных аневризм при изолированной окклюзии отделяемыми спиралями (36,8, 58,5 и 54,8 % через 6, 12 и 36 мес соответственно), при использовании

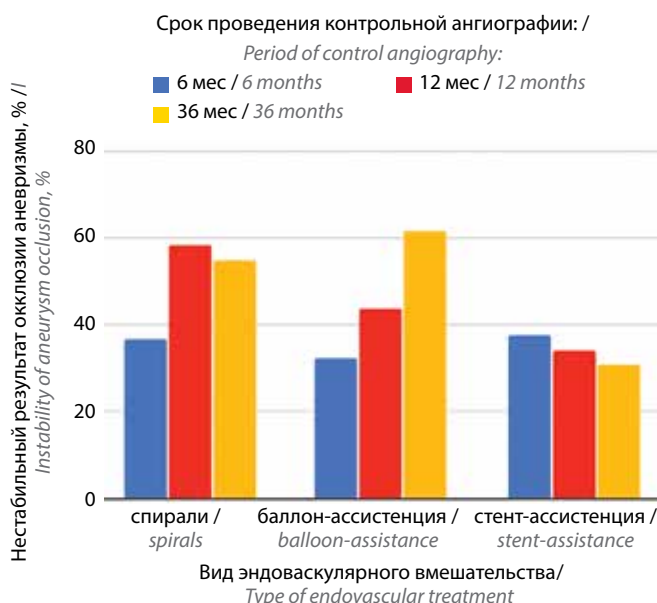


Рис. 2. Нестабильный результат окклюзии в отдаленном послеоперационном периоде

Fig. 2. Unstable occlusion result in the long-term postoperative period

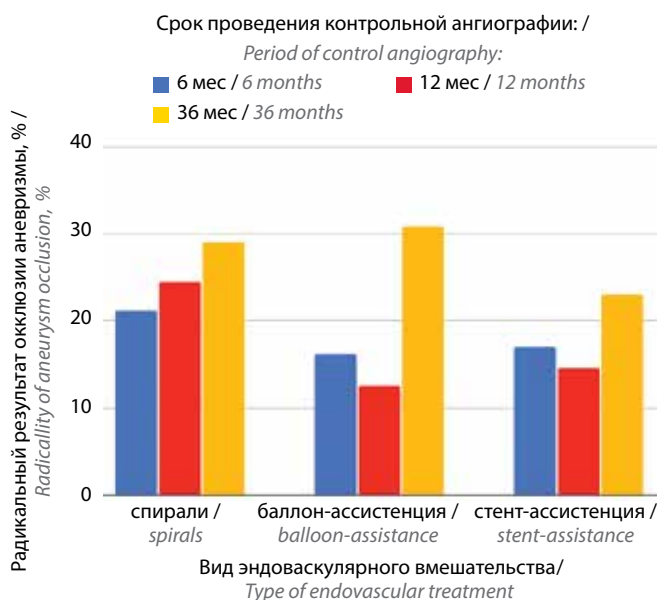


Рис. 3. Прирост радикальной окклюзии в отдаленном послеоперационном периоде

Fig. 3. Increase of radical occlusion in the long-term postoperative period

баллон-ассистенции (32,3, 43,7 и 6 % через 6, 12 и 36 мес) и при стент-ассистенции (37,5, 34,2 и 30,7 % через 6, 23 и 36 мес). Субтотальная окклюзия в нашей серии оказалась самым нестабильным типом окклюзии (класс II по RROC) ($p < 0,05$).

Нами проведен анализ прироста радикальной окклюзии в отдаленном послеоперационном периоде (рис. 3)

Установлено, что прирост радикальной окклюзии в отдаленном периоде при использовании изолированной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями

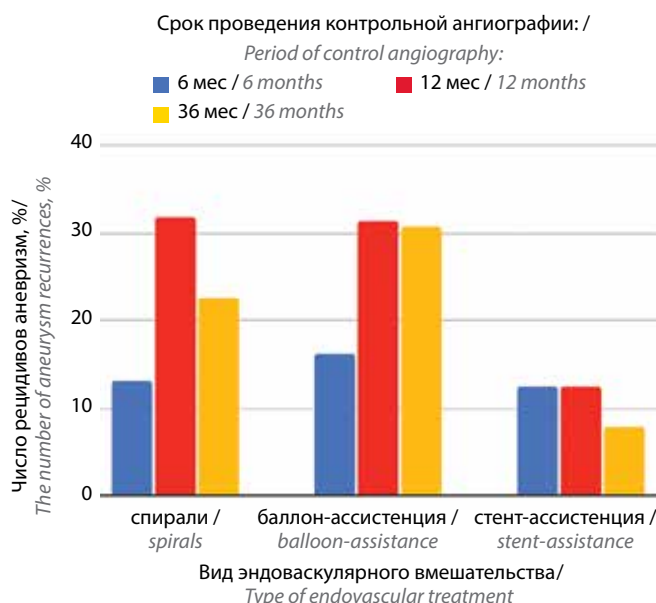


Рис. 4. Частота и сроки формирования рецидивов церебральных аневризм

Fig. 4. Frequency and duration of recurrence of cerebral aneurysms

в среднем составил 24,8 % (21,1, 24,4 и 29 % через 6, 12 и 36 мес соответственно), баллон-ассистенции – 19,8 % (16,2, 12,5 и 30,8 % через 6, 12 и 36 мес), стент-ассистенции – 18,1 % (14,6, 23 и 18,1 % через 6, 12 и 36 мес) при $p < 0,05$.

При анализе данных контрольных послеоперационных ангиограмм проведена оценка сроков и частоты формирования рецидивов (рис. 4).

Выявлено, что частота формирования рецидивов после применения изолированной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями в среднем составляет 22,5 % (13,1, 31,7 и 22,6 % через 6, 12 и 36 мес соответственно), при баллон-ассистенции – 26,1 % (16,2, 31,3 и 30,8 % через 6, 12 и 36 мес), стент-ассистенции – 10,8 % (12,5, 12,2 и 7,7 % через 6, 12 и 36 мес) ($p < 0,05$).

ОЦЕНКА РИСКОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЦИДИВОВ

Проведен статистический анализ анатомо-топографических, морфометрических характеристик аневризмы и несущего ее сосуда для выявления факторов риска формирования рецидива аневризмы после внутрисосудистого лечения. Согласно полученным данным, локализация аневризмы, вовлеченность бифуркации, включение артериальных ветвей, изгиб артерии, наличие дивертикулов не оказывают статистически значимого влияния на риск рецидивирования.

При анализе морфометрических характеристик аневризмы установлено, что статистически значимыми предикторами рецидива аневризмы после внутрисосудистой окклюзии являются крупный размер (15–25 мм) аневризмы ($p = 0,043$) и ее высота (расстояние от шейки до купола) более 6 мм ($p = 0,037$).

Произведен анализ зависимости рисков рецидива от применяемого метода внутрисосудистого лечения. Согласно полученным данным риск рецидива аневризм в 1,83 раза выше при использовании отделяемых спиралей без применения ассистирующих методик ($p = 0,028$), а также в 2,03 раза выше, если достигнута радикальность класса II по RROC ($p = 0,011$).

Кроме того, установлено, что еще одним предиктором рецидива выступает перенесенное внутримозговое кровоизлияние из аневризмы ($p = 0,017$).

Таким образом, достоверными предикторами рецидива аневризмы после внутрисосудистого лечения, по нашим данным, являются: крупный размер аневризмы ($p < 0,05$), ее высота более 6 мм ($p < 0,05$), использование отделяемых спиралей без применения ассистирующих методик ($p < 0,05$), субтотальная окклюзия аневризмы (класс II по RROC) ($p < 0,05$), перенесенное внутримозговое кровоизлияние из аневризмы ($p < 0,05$).

Анализ полученных нами данных подтверждает необходимость длительного ангиографического контроля радикальности выключения аневризмы из кровотока для своевременного выявления их рецидива и повторного оперативного вмешательства в целях предупреждения возможного разрыва аневризмы.

На основании полученных данных о том, что ведущую роль в формировании рецидива аневризмы играет изначально неполная ее окклюзия, нами был

разработан алгоритм дифференцированного отбора пациентов на эндоваскулярное лечение (рис. 5).

Одним из определяющих факторов являются анатомо-морфометрические характеристики аневризмы, на основании которых проводится оценка возможности радикального выключения аневризмы из кровотока с использованием отделяемых спиралей. К таким характеристикам аневризмы относят мешотчатую, шарообразную форму, узкую невытянутую шейку, однокамерное строение, отсутствие вовлеченности артериальных ветвей в шейку и мешок аневризмы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основная цель лечения пациентов с церебральными аневризмами — профилактика внутримозгового кровоизлияния. Обладая более низкой первичной радикальностью по сравнению с микрохирургическим клипированием, внутрисосудистое лечение имеет ряд преимуществ, таких как возможность выполнения оперативного лечения аневризм, труднодоступных для микрохирургии, малая инвазивность при выполнении лечения, низкие риски местных гнойно-септических осложнений, а также меньшая продолжительность стационарного лечения [6, 12, 15–17].

Постепенное накопление данных об отдаленных результатах внутрисосудистой окклюзии аневризм позволило понять, что достигнутый радикальный результат выключения аневризмы из кровотока может быть

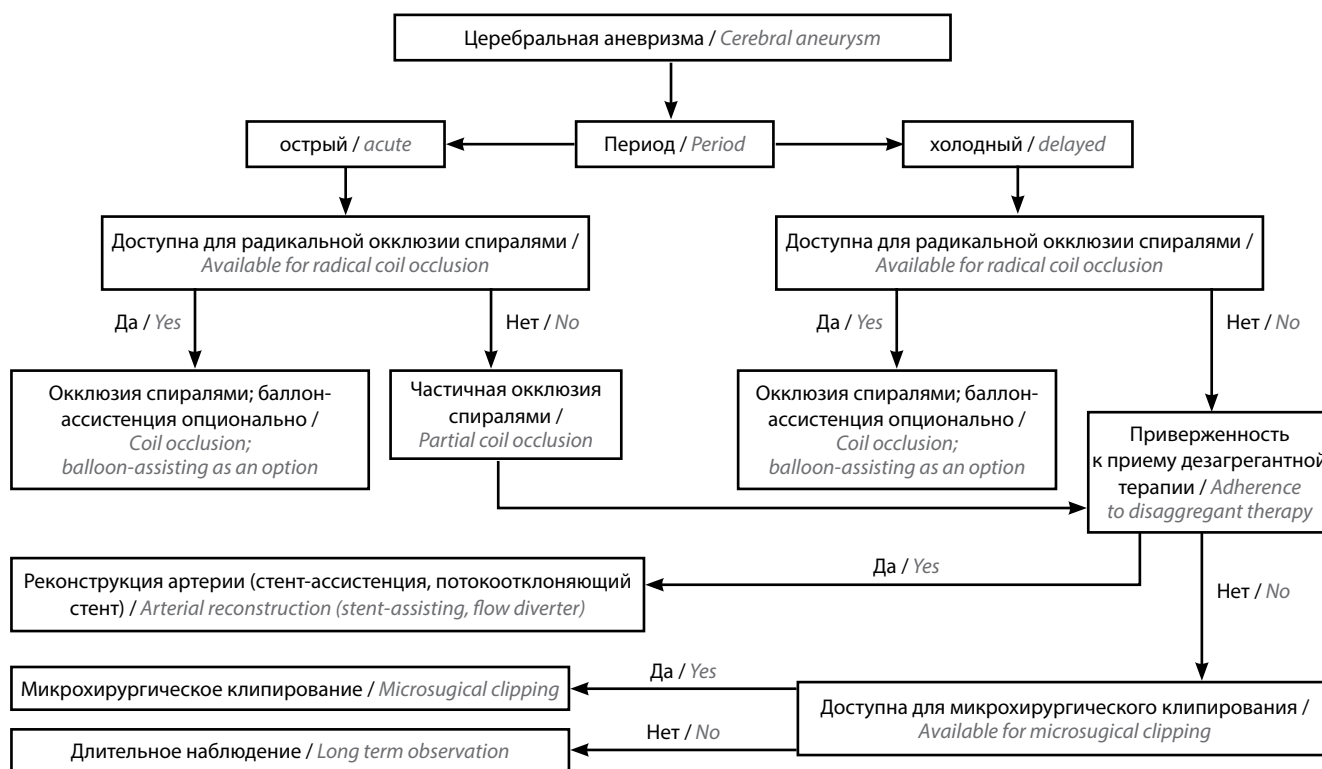


Рис. 5. Алгоритм дифференцированного отбора пациентов для эндоваскулярного лечения

Fig. 5. Algorithm of differential selection of patients for endovascular treatment

недолговечным, а в ряде случаев устраненные риски внутричерепного кровоизлияния могут возобновиться [5, 8, 9–11, 18, 19].

Согласно данным L. Pierot и соавт., использование изолированной окклюзии аневризм отделяемыми спиралями позволяет достигнуть тотального выключения аневризмы из кровотока лишь в половине случаев [20]. В нашей серии из 64 аневризм, окклюзированных спиралями без использования ассистирующих методик, 33 (51,6 %) аневризмы были выключены из кровотока тотально, 27 (42,2 %) – субтотально и 4 (6,2 %) – частично. Таким образом, достигнутые нами первичные результаты эндоваскулярной изолированной окклюзии аневризм отделяемыми спиралями сопоставимы с данными, представленными в литературных источниках.

По мнению G.M. Debrun и соавт., для достижения радикальной окклюзии аневризмы при использовании только спиралей аневризма должна обладать следующими характеристиками: мешотчатая шарообразная форма, обычный размер, узкая шейка, отсутствие дивертикулов [21]. По нашим данным, благоприятными характеристиками аневризмы, способствующими ее радикальному выключению из кровотока при использовании отделяемых спиралей без ассистирующих методик, являются размеры ее шейки в диапазоне от 3 до 6 мм, обычные (4–15 мм) размеры ($p < 0,005$).

По результатам исследования эффективности применения баллон-ассистенции при окклюзии церебральных аневризм, эта методика позволяет достигнуть первично радикального выключения аневризмы из кровотока в 69,4 % случаев [22]. Согласно нашим данным по использованию методики баллон-ассистенции тотальное выключение из кровотока достигнуто в 24 (58,5 %) случаях из 41, субтотальное – в 15 (36,6 %), частичное – в 2 (4,9 %). Полученные результаты показали более низкую эффективность методики при сопоставлении с опубликованными в литературе данными, что может быть объяснено особенностями отбора больных для лечения, так как в эту группу вошли и пациенты с противопоказаниями к применению двойной дезагрегантной терапии и методик стентирования, что не всегда позволяло достигнуть тотальной окклюзии аневризмы.

По нашим данным, к неблагоприятным факторам, препятствующим достижению тотальной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями с баллон-ассистенцией, относятся размер шейки более 6 мм и крупная (15–25 мм) аневризма ($p < 0,005$), а к благоприятным – размеры шейки в диапазоне 3–6 мм, обычного размера (4–15 мм) аневризма ($p < 0,005$). К аналогичным выводам в 2021 г. пришли M.M. Balaguruswamy и соавт., указав на низкую эффективность использования баллона при крупных и гигантских аневризмах с широкой шейкой [23].

В современных публикациях отмечается высокая эффективность использования стент-ассистенции при

окклюзии церебральных аневризм. Так, согласно данным B.J. Daou и соавт. [24] и H. Luecking и соавт. [25], применение этой методики позволяет достигнуть первичной тотальной окклюзии аневризмы в 51,9–81,8 % случаев. В нашей серии операций стент-ассистенция дала возможность достичь тотального выключения аневризмы из кровотока в 44 (68,8 %) случаях из 64, субтотального – в 10 (15,6 %) и частичного – в 10 (15,6 %), что сопоставимо с результатами предыдущих исследований.

Следует отметить повышение первичной радикальности оперативного лечения, направленного на выключение аневризмы из кровотока при использовании ассистирующих методик (ОШ = 1,726; 95 % ДИ 0,917–3,251; $p < 0,05$). При этом стент-ассистенция имеет более высокие показатели радикальности по сравнению с группой без ассистирующих методик (68,8 и 51,6 % соответственно; ОШ = 2,067; 95 % ДИ 1,005–4,250; $p < 0,05$). Наилучшую радикальность окклюзии при использовании стент-ассистенции демонстрируют аневризмы при размере их шейки 3–6 мм (77,8 %) ($p = 0,048$), при этом отличаясь в лучшую сторону от результатов использования только спиралей (61,1 %) и баллон-ассистенции (65,5 %). Неблагоприятный результат радикальности также подтвержден нами в группе аневризм с широкой шейкой – частичная окклюзия аневризм в этой группе достигла 31,2 % ($p = 0,048$).

Полной реконструкции несущего аневризму сосуда позволяет достигнуть применение потокоотклоняющего стента. Согласно публикации W.A. Florez и соавт., данная методика дает возможность ремоделировать несущую аневризму артерию в 80,4 % случаев, однако полное выключение аневризмы из кровотока возникает отсроченно, за счет замедления кровотока в мешке аневризмы и постепенного ее тромбирования [26]. В нашей серии 26 пациентам выполнена установка потокоотклоняющего стента. Во всех случаях применения этой методики достигнуто замедление кровотока в мешке аневризмы с ремоделированием артерии (класс IVA по CSC), что полностью совпадает с опубликованными данными по использованию этой категории стентов.

О необходимости послеоперационного контроля после оперативного лечения аневризмы впервые сообщил в 1965 г. McKissock, выявивший рецидив аневризмы средней мозговой артерии у пациента, погибшего от повторного внутричерепного кровоизлияния. Также о необходимости ангиографического контроля сообщалось в монографии А.Н. Коновалова «Хирургическое лечение артериальных аневризм головного мозга» [27].

Изучая отдаленные ангиографические результаты внутрисосудистой окклюзии аневризм отделяемыми спиралями в ходе международного рандомизированного исследования Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT),

R. F. Spetzler и соавт. пришли к неутешительному выводу, что через 10 лет после оперативного вмешательства лишь 22 % аневризм сохранили стабильный радикальный результат окклюзии [28]. Наша серия из 64 случаев аневризм, оперированных с использованием изолированной окклюзии отделяемыми спиралями, продемонстрировала стабильный ангиографический результат в 49,9 % случаев, что существенно превышает опубликованные результаты, однако предполагает продолжение ангиографического контроля.

По мнению K. Aydin и соавт., использование баллон-ассистенции способствует не только повышению первичной радикальности окклюзии, но и сохранению стабильного ангиографического результата в отдаленном послеоперационном периоде [29]. Наши данные демонстрируют стабильный ангиографический результат окклюзии 41 церебральной аневризмы в 54,1 % случаев, что несколько выше, чем при изолированной окклюзии отделяемыми спиралями.

Наилучшую стабильность ангиографического результата среди окклюдизирующих аневризму методик, по мнению J. Kim и соавт., демонстрирует стент-ассистенция [30]. По данным G. Хуе и соавт., у пациентов, оперированных с использованием стент-ассистенции отдаленный ангиографический результат может существенно отличаться от послеоперационного: указывается, что при изначально тотальной окклюзии 21,7 % аневризм, в отдаленном периоде тотальную окклюзию продемонстрировали уже 87 % [31]. По нашим данным, использование этой методики показывает стабильный ангиографический результат в 65,9 % наблюдений, что согласуется с информацией по аналогичным исследованиям.

Данные нашего исследования продемонстрировали, что результат окклюзии аневризмы может быть нестабильным, при этом радикальность окклюзии может как повышаться, за счет тромбирования аневризм с изначально неполной окклюзией, так и понижаться за счет формирования рецидива. Согласно нашим данным, в отдаленном послеоперационном периоде повышение радикальности окклюзии за счет отсроченного тромбирования мешка изначально нерадикально выключенной аневризмы отмечено в 24,8 % случаев при использовании изолированной окклюзии отделяемыми спиралями, в 19,8 % при баллон-ассистенции и в 18,1 % при стент-ассистенции.

J. V. Вугне и соавт. определяют рецидив (или нестабильную окклюзию) аневризмы как увеличение количества контрастного вещества, заполняющего аневризму, относительно ангиографического вида аневризмы в конце лечения. Ими же сделано предположение, что рецидив аневризмы может произойти в результате субтотальной окклюзии аневризмы или уплотнения комплекса спиралей, что вызывает опасения по поводу способности данной методики защитить от продолженного роста аневризмы и повторного кровоизлияния [32].

Анализ литературных источников позволил сравнить собственные результаты с данными других исследователей. Так, в 1998 г. С. Cognard и соавт. сообщили о 19 % рецидивов после изолированной окклюзии аневризм отделяемыми спиралями [8], R. A. Willinsky и соавт. в 2009 г. — о 20,3 % [33] и J. R. Vanzin и соавт. в 2012 г. — о 26,8 % [11]. По нашим данным, вероятность формирования рецидива аневризмы после ее изолированной окклюзии спиралями может достигать 13,1 % уже через 6 мес после проведенного оперативного лечения, 31,7 % через 12 мес и 22,3 % через 36 мес, что составляет в среднем 22,5 % ($p < 0,05$).

При окклюзии аневризмы спиралями с использованием методики баллон-ассистенции рецидив аневризмы может возникнуть в 16,2 % наблюдений через 6 мес после проведенного оперативного лечения, в 31,3 % через 12 мес и 30,8 % через 36 мес, это составляет в среднем 26,1 %. Более высокая частота формирования рецидивов в данной группе может быть объяснена особенностями отбора пациентов для этого вида вмешательства, сложными анатомо-топографическими и морфометрическими особенностями аневризмы, а также невозможностью проведения реконструкции несущего аневризму сосуда (отсутствие приверженности к регулярному приему дезагрегантной терапии, наличие противопоказаний к ее приему).

Использование стент-ассистенции сопровождается более низким процентом формирования рецидива — 12,5 % через 6 мес, 12,2 % через 12 мес, 7,7 % через 36 мес, что составляет в среднем 10,8 %. При применении потокоотклоняющих стентов существует самый низкий риск формирования рецидивов, при этом требуется контроль степени окклюзии аневризмы для оценки эффективности проведенного лечения после отмены двойной дезагрегантной терапии. Отсроченный механизм окклюзии при этом методе достигается за счет отведения потока крови от мешка аневризмы с последующим формированием в ней тромба. Кроме того, имплантированный стент является матрицей для дальнейшей эндотелизации, что в итоге приводит к полному ремоделированию просвета артерии.

При анализе анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризм именно крупный (15–25 мм) размер аневризмы оказался статистически достоверным фактором риска формирования рецидива, повышая его в 1,75 раза ($p = 0,043$) по сравнению с аневризмами меньшего размера. В то же время выявлено, что высота аневризмы менее 6 мм достоверно снижает риск рецидива в 1,85 раза ($p = 0,024$).

Проведенный нами анализ отдаленных ангиографических результатов в зависимости от использованного метода внутрисосудистого лечения показал, что риск рецидива аневризмы в 1,83 раза выше при использовании отделяемых спиралей без применения ассистирующих методик ($p = 0,028$), что подтверждается

сведениями мировой литературы [19, 34], а также в 2,03 раза выше ($p = 0,011$), если на момент окончания операции достигнута радикальность, соответствующая классу II по RROC. По мнению J. Raymond и соавт., пол, возраст и локализация аневризмы не имеют значения для рецидивирования аневризмы, в то время как лечение аневризмы в острую фазу кровоизлияния, ее большой размер и широкая шейка, а также изначально неполное выключение аневризмы из кровотока могут ассоциироваться с рецидивом. В своей работе авторы также выделили 2 основных вида рецидива — большой и малый, основываясь на размере заполняемой контрастом части аневризмы [18].

Разработанная и предложенная нами классификация рецидивов церебральных аневризм после внутрисосудистых вмешательств включает предложенные ранее J. Raymond и соавт. степени рецидива, а также уточняет сроки формирования, вид, причину и характер клинического течения рецидива. На основе выявленных нами предикторов формирования рецидива — применение изолированной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями ($p = 0,028$), субтотальная окклюзия аневризмы класса II по RROC ($p = 0,011$), крупный (15–25 мм) размер аневризмы ($p = 0,043$) — были сформированы 2 алгоритма: 1) выбор оптималь-

ного метода внутрисосудистого лечения пациентов с церебральными аневризмами и 2) дифференцированный подход к выбору метода оперативного вмешательства при рецидиве церебральной аневризмы.

Несмотря на развитие внутрисосудистой нейрорадиологии, на сегодня ни один из имеющихся методов эндоваскулярного вмешательства не может достоверно гарантировать полное стабильное излечение конкретного больного в связи с возможностью рецидива аневризмы [35, 36]. Следовательно, на первый план выходят такие актуальные вопросы, как оптимальный первичный выбор типа внутрисосудистого вмешательства, а также потребность оптимизации или даже разработки нового персонализированного подхода к внутрисосудистому лечению церебральных аневризм [37, 38].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование разработанных и предложенных нами алгоритмов будет способствовать оптимизации внутрисосудистого лечения пациентов с церебральными аневризмами, минимизируя риски их рецидивирования, снижая риски повторного субарахноидального кровоизлияния в отдаленном послеоперационном периоде, а также потребность в проведении повторного оперативного вмешательства.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Brisman J.L., Song J.K., Newell D.W. Cerebral aneurysms. *N Engl J Med* 2006;355(9):928–39. DOI: 10.1056/nejmra052760
2. Хирургия аневризм головного мозга: в 3 т. Т. 1 / Под ред. В.В. Крылова. М.: Т.А. Алексеева, 2011. 432 с. Surgery for cerebral aneurysm: in 3 v. V. 2 / Ed. by V.V. Krylov. Moscow: T.A. Alekseeva, 2011. 432 p. (In Russ.).
3. Zubkov Y.N., Nikiforov B.M., Shustin V.A. Balloon catheter technique for dilatation of constricted cerebral arteries after aneurysmal SAH. *Acta Neurochir (Wien)* 1984;70(1–2):65–79. DOI: 10.1007/bf01406044
4. Fiorella D., Albuquerque F.C., Han P. et al. Preliminary experience using the Neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms. *Neurosurgery* 2004;54(1):6–16. DOI: 10.1227/01.neu.0000097194.35781.ea
5. Zhang L., Chen X., Dong L. et al. Clinical and angiographic outcomes after stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with laser-cut and braided stents: a comparative analysis of the literatures. *Front Neurol* 2021;29(12):666481. DOI: 10.3389/fneur.2021.666481
6. 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
7. Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M. et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg* 2015;123(3):609–17. DOI: 10.3171/2014.9.JNS141749
8. Cognard C., Weill A., Castaings L. et al. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology* 1998;206(2):499–510. DOI: 10.1148/radiology.206.2.9457205
9. Gallas S., Pasco A., Cottier J.P. et al. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26(7):1723–31. PMID: 16091521
10. Aikawa H., Kazekawa K., Nagata S. et al. Rebleeding after endovascular embolization of ruptured cerebral aneurysms. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2007;47(10):439–45;disc. 446–7. DOI: 10.2176/nmc.47.439
11. Vanzin J.R., Mounayer C., Abud D.G. et al. Angiographic results in intracranial aneurysms treated with inert platinum coils. *Interv Neuroradiol* 2012;18(4):391–400. DOI: 10.1177/159101991201800405
12. Schaafsma J.D., Sprengers M.E., van Rooij W.J. et al. Long-term recurrent subarachnoid hemorrhage after adequate coiling versus clipping of ruptured intracranial aneurysms. *Stroke* 2009;40(5):1758–63. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.524751
13. Cho Y.D., Lee J.Y., Seo J.H. et al. Early recurrent hemorrhage after coil embolization in ruptured intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 2012;54(7):719–26. DOI: 10.1007/s00234-011-0950-3
14. Ando K., Hasegawa H., Suzuki T. et al. Delayed bleeding of unruptured intracranial aneurysms after coil embolization: a retrospective case series. *World Neurosurg* 2021;149:e135–e145. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.02.061
15. Jakubowski J., Kendall B. Coincidental aneurysms with tumours of pituitary origin. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978;41(11):972–9. DOI: 10.1136/jnnp.41.11.972
16. Connolly E.S. Jr, Solomon R.A. Management of symptomatic and asymptomatic unruptured aneurysms. *Neurosurg Clin N Am* 1998;9(3):509–24. PMID: 9668183
17. Ajiboye N., Chalouhi N., Starke R.M. Unruptured cerebral aneurysms: evaluation and management. *ScientificWorldJournal* 2015;2015:954954. DOI: 10.1155/2015/954954

18. Raymond J., Guilbert F., Weill A. et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003;34(6):1398–403. DOI: 10.1161/01.STR.0000073841.88563.E9
19. Bracard S., Barbier C., Derelle A.L., Anxionnat R. Endovascular treatment of aneurysms: pre, intra and post operative management. *Eur J Radiol* 2013;82(10):1633–7. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.02.012
20. Pierot L., Barbe C., Thierry A. et al. Patient and aneurysm factors associated with aneurysm recanalization after coiling. *J Neurointerv Surg* 2022;14(11):1096–101. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017972
21. Debrun G.M., Aletich V.A., Kehrli P. Aneurysm geometry: an important criterion in selecting patients for Guglielmi detachable coiling. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1998;38(Suppl 1):1–20. DOI: 10.2176/nmc.38.suppl_1
22. Taqi M.A., Quadri S.A., Puri A.S. et al. A prospective multicenter trial of the transform occlusion balloon catheter: trial design and results. *Interv Neurol* 2018;7(1–2):53–64. DOI: 10.1159/000481518
23. Balaguruswamy M.M., Mohamed E., Vijayan K. et al. Balloon-assistance for the transcirculation access of a remodeling balloon for coiling of wide-necked aneurysms: report of two cases. *Neurointervention* 2021;16(2):165–70. DOI: 10.5469/neuroint.2020.00367
24. Daou B.J., Palmateer G., Linzey J.R. et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms: Head to head comparison between the Neuroform Atlas and EZ stents. *Interv Neuroradiol* 2021;27(3):353–61. DOI: 10.1177/1591019921989476
25. Luecking H., Struffert T., Goelitz P. et al. Stent-Assisted Coiling Using Leo+ Baby Stent: immediate and mid-term results. *Clin Neuroradiol* 2021;31(2):409–16. DOI: 10.1007/s00062-020-00904-3
26. Florez W.A., Garcia-Ballesteros E., Quiñones-Ossa G.A. et al. Silk® Flow diverter device for intracranial aneurysm treatment: a systematic review and meta-analysis. *Neurointervention* 2021;16(3):222–31. DOI: 10.5469/neuroint.2021.00234
27. Бобинов В.В., Петров А.Е., Горощенко С.А. и др. Исторические аспекты хирургического лечения церебральных аневризм. Ч. I. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2020;12(1):5–11. Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Historical aspects of surgical treatment of cerebral aneurysms. P. I. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2020;12(1):S.5–11. (In Russ.).
28. 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
29. Aydin K., Stracke P., Berdikhojajev M. et al. Safety, efficacy, and durability of stent plus balloon-assisted coiling for the treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms. *Neurosurgery* 2021;88(5):1028–37. DOI: 10.1093/neuros/nyaa590
30. Kim J., Han H.J., Lee W. et al. Safety and efficacy of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms using low-profile stents in small parent arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* 2021;42(9):1621–6. DOI: 10.3174/ajnr.A7196
31. Xue G., Tang H., Liu P. et al. Safety and Long-term efficacy of stent-assisted coiling for the treatment of complex posterior cerebral artery aneurysms. *Clin Neuroradiol* 2021;31(1):89–97. DOI: 10.1007/s00062-019-00825-w
32. Byrne J.V., Sohn M.J., Molyneux A.J., Chir B. Five-year experience in using coil embolization for ruptured intracranial aneurysms: outcomes and incidence of late rebleeding. *J Neurosurg* 1999;90(4):656–63. DOI: 10.3171/jns.1999.90.4.0656
33. Willinsky R.A., Peltz J., da Costa L. et al. Clinical and angiographic follow-up of ruptured intracranial aneurysms treated with endovascular embolization. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(5):1035–40. DOI: 10.3174/ajnr.A1488
34. Fingerlin T.J., Rychen J., Roethlisberger M. et al. Long-term aneurysm recurrence and *de novo* aneurysm formation after surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: a cohort study and systematic review. *Neurol Res* 2020;42(4):338–45. DOI: 10.1080/01616412.2020.1726587
35. Бобинов В.В., Петров А.Е., Рожченко Л.В. и др. Микрохирургическое лечение пациента с рецидивом аневризмы передней соединительной артерии после внутрисосудистой окклюзии спиралями: случай из практики. Современные проблемы науки и образования 2021;3:192. DOI: 10.17513/spno.30693 Bobinov V.V., Petrov A.E., Rozhchenko L.V. et al. Microsurgical treatment of a patient with recurrent anterior communicating artery aneurysm after endovascular spiral occlusion. A case report. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education 2021;3:192. DOI: 10.17513/spno.30693
36. Бобинов В.В., Петров А.Е., Горощенко С.А. Реконструкция артерии с помощью потокотклоняющего стента как метод лечения рецидива аневризмы внутренней сонной артерии: случай из практики. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2021;13(3):41–5. (In Russ.). Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Reconstruction of an artery with a flow-diverter as a method of treatment of recurrence of internal carotid artery aneurysm: case report. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2021;13(3):41–5. (In Russ.).
37. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Горощенко С.А. и др. Ближайшие и отдаленные результаты внутрисосудистой окклюзии церебральных аневризм отделяемыми спиралями. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2022;14(2):29–36. Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. Immediate and long-term results of endovascular occlusion of cerebral aneurysms with detachable coils. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2022;14(2):29–36. (In Russ.).
38. Рожченко Л.В., Бобинов В.В., Петров А.Е. и др. Клеточные, генетические и эпигенетические механизмы роста церебральных аневризм. Современные проблемы науки и образования 2021;2:186–95. Rozhchenko L.V., Bobinov V.V., Petrov A.E. et al. Cellular, genetic and epigenetic mechanisms of cerebral aneurysm growth. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education 2021;2:186–95. (In Russ.).

Вклад авторов

В.В. Бобинов: проведение нейрохирургического лечения, написание и научное редактирование текста статьи;
 А.Е. Петров, С.А. Горощенко: проведение нейрохирургического лечения, научное редактирование текста статьи;
 Е.Г. Коломин, Н.К. Самочерных, Н.Ю. Туканов: сбор и обработка данных для написания статьи;
 Л.В. Рожченко, К.А. Самочерных: научное редактирование текста статьи.

Author's contribution

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

ORCID авторов / ORCID of authors

В.В. Бобинов / V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>
А.Е. Петров / A.E. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-3112-6584>
С.А. Горошенко / S.A. Goroshchenko: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3213>
Е.Г. Коломин / E.G. Kolomin: <https://orcid.org/0000-0002-3904-2393>
Н.К. Самочерных / N.K. Samochernikh: <https://orcid.org/0000-0002-6138-3055>
Н.Ю. Туканов / N.Yu. Tukanov: <https://orcid.org/0000-0001-9948-3433>
Л.В. Рожченко / L.V. Rozhchenko: <https://orcid.org/0000-0002-0974-460X>
К.А. Самочерных / K.A. Samochernikh: <https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

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

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ КОНТРАСТ-УСИЛЕННАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ НАВИГАЦИЯ В ХИРУРГИИ ВНУТРИМОЗГОВЫХ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

В.Н. Шиманский, В.К. Пошатаев, Г.А. Денисова, С.В. Танышин, Г.Л. Кобяков, К.В. Шевченко, В.В. Карнаухов

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

Контакты: Владимир Кириллович Пошатаев glaser@list.ru

Введение. В хирургии глиом в настоящее время применяются различные методики, позволяющие проводить максимально возможную резекцию опухоли при сохранении хорошего или удовлетворительного функционального статуса пациентов. Среди прочих относительно малоиспользуемым является метод интраоперационной контраст-усиленной ультразвуковой визуализации (КУУЗВ) мозгового вещества.

Цель исследования – представление первого опыта применения КУУЗВ в хирургии опухолей головного мозга (больших полушарий и мозжечка), а также оценка перспективности методики в рутинном применении в нейрохирургическом стационаре.

Материалы и методы. Приводятся особенности метода, его преимущества перед рутинными ультразвуковыми исследованиями и ограничения, выявленные в ходе апробации методики у 5 пациентов с различными опухолями головного мозга.

Результаты. КУУЗВ в ряде случаев позволяет добиться интраоперационного выявления опухоли, схожего по чувствительности с магнитно-резонансной томографией. Это значительно облегчает как поиск новообразования, так и формирование оптимальной траектории его «катаки». В случае доброкачественных опухолей головного мозга ультразвуковое контрастирование опухоли отмечается не всегда, однако нередко помогает определить границы опухоли с большей точностью, чем рутинный ультразвуковой поиск.

Заключение. Применение КУУЗВ в хирургии опухолей головного мозга представляется перспективным направлением, его эффективность подтверждена пилотным исследованием, однако для полного изучения проблемы требуется большее количество наблюдений.

Ключевые слова: контраст-усиленный, интраоперационная навигация, ультразвуковая навигация, внутримозговая опухоль, опухоль мозга, хирургическое лечение

Для цитирования: Шиманский В.Н., Пошатаев В.К., Денисова Г.А. и др. Интраоперационная контраст-усиленная ультразвуковая навигация в хирургии внутримозговых опухолей головного мозга. Нейрохирургия 2023;25(2):20–7. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-20-27

Contrast-enhanced ultrasound navigation in glioma surgery

V.N. Shimansky, V.K. Poshataev, G.A. Denisova, S.V. Tanyashin, G.L. Kobayakov, K.V. Shevchenko, V.V. Karnaukhov

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

Contacts: Vladimir Kirillovich Poshataev glaser@list.ru

Introduction. In the surgery of gliomas, various techniques are currently being applied that allow the maximum resection of the tumor while maintaining a good or satisfactory functional status of the patients. A rare method is intraoperative contrast-enhanced ultrasound imaging (CEUI) of the brain substance.

Aim. To present the first experience of using contrast-enhanced ultrasound imaging CEUI in surgery of brain tumors (large hemispheres and cerebellum), as well as an assessment of the prospects of the technique in routine use in a neurosurgical hospital.

Materials and methods. The features of the application of the technique CEUI, its advantages over routine ultrasound studies and the limitations identified during testing of the technique in 5 patients with various brain tumors.

Results. In some cases, the CEUI allows for the intraoperative detection of a tumor, which is similar in sensitivity to magnetic resonance imaging. This greatly facilitates both the search for the neoplasm, and the formation of the optimal trajectory of surgery. In the case of benign brain tumors, ultrasound contrasting of the tumor is not always observed, but it often helps to determine the boards of the tumor with greater accuracy than the routine ultrasound search.

Conclusion. The use of CEUI in the surgery of brain tumors seems to be a promising direction. A pilot study has confirmed its effectiveness, but more cases are needed to fully study the problem.

Keywords: contrast-enhanced, intraoperative navigation, ultrasonic navigation, intracerebral tumor, brain tumor, surgical treatment

For citation: Shimansky V.N., Poshataev V.K., Denisova G.A. et al. Intraoperative contrast-enhanced ultrasound navigation in surgery of intracerebral brain tumors. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):20–7. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-20-27

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение сочетания максимального объема резекции и сохранения структуры и функций нормального мозгового вещества — основные задачи хирургии опухолей головного мозга в настоящее время. Анализ публикаций последних лет показывает, что целью хирурга должно быть тотальное удаление опухоли. В случае с глиомами низкой степени злокачественности данный подход позволяет увеличить время как общей, так и безрецидивной выживаемости [1, 2]. У пациентов с глиомами высокой степени и метастатическим поражением головного мозга тотальное удаление является первым и важным этапом мультимодального лечения [1–6].

Визуальное интраоперационное определение границ тотального удаления представляется субъективным показателем, поскольку нередко в процессе оценки возникают неточности и ошибки. С целью минимизирования данных неточностей в хирургии глиом применяются метаболическая навигация, интраоперационная магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ), ряд экспериментальных технологий (когерентная томография и пр.), а также ультразвуковая (УЗ) навигация.

К несомненному преимуществу метода УЗ-навигации относят возможность отображения степени резекции опухоли в «реальном времени» при относительной дешевизне и удобстве применения. Стоит отметить, что в отличие от прочих сфер онкологии УЗ-сканирование мозга с контрастным усилением в нейрохирургии используется практически единично. Применение контрастного вещества, представляющего собой наполненные сернистым гексафторидом микросферы, стабилизированные с помощью фосфолипидной оболочки, основано на получении эхо-ответа от данных сфер в сосудах мозга и паренхиме опухоли. Так как при введении контрастного вещества сферы (средний диаметр 5 μ m) проходят капиллярное русло и не подвергаются экстравазации, появляется возможность оценить «паттерн» перфузии опухоли [4–6].

Цель работы — представление первого опыта применения контраст-усиленной ультразвуковой визуализации (КУУЗВ) в хирургии опухолей головного

мозга (больших полушарий и мозжечка), а также оценка перспективности методики в рутинном применении в нейрохирургическом стационаре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пациенты

В работе отражен опыт применения КУУЗВ при удалении опухолей головного мозга у 5 пациентов (4 глиомы, 1 солитарный метастаз), находившихся на лечении в 2018 г. во ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. В рамках данного пилотного исследования использовался УЗ-контраст 2-го поколения SonoVue (компания Bracco, Италия). Перед проведением исследования поисковая тема была одобрена на заседании этического комитета НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко. Всем пациентам до проведения хирургического вмешательства объяснены риски и возможные осложнения применения препарата, все они подписали добровольное информированное согласие и дали разрешение на применение УЗ-контраста.

В исследование вошли 4 мужчины и 1 женщина, медиана возраста составила 53 года. Клиническими проявлениями заболеваний были: пирамидная симптоматика, фокальные эпилептические припадки, стволовая и мозжечковая симптоматика (более подробная информация представлена в табл. 1).

Протокол применения препарата

В настоящее время нет стандартного протокола для проведения КУУЗВ при удалении опухолей головного мозга. Доза однократной инъекции SonoVue и суммарная доза препарата определены на основании данных зарубежных публикаций и рекомендаций производителя [3–5].

Вмешательство осуществлялось после проведения анестезиологического пособия по стандартному протоколу. После краниотомии согласно ориентирам на МРТ с контрастным усилением и данным интраоперационной безрамной навигации с поверхности твердой мозговой оболочки выполнялось первичное определение границ опухоли с помощью УЗ-сканера

Таблица 1. Общая характеристика пациентов

Table 1. Group characteristics

№ кли- нического примера Clinical example No.	Па- циент Patient	Пол Gender	Возраст, лет Age, years	Индекс по шкале Карновского (до операции) Karnofsky index (before surgery)	Тип опу- холи Tumor type	Сторона опухоли Lateralization	Локализация Location
1	К-ва K-va	Женский Female	58	60	Метастаз Metastasis	Левая Left	Гемисфера мозжечка Cerebellar hemisphere
2	К-ов K-ov	Мужской Male	56	70	Глиома Glioma		Височная доля Temporal lobe
3	П-ев P-ev	Мужской Male	23	80			Теменная доля Parietal lobe
4	Х-ов Kh-ov	Мужской Male	53	60			Лобно-теменная область Fronto-parietal region
5	С-ич S-ch	Мужской Male	33	90			Лобная доля Frontal lobe

Esaote Mylab Twice (Esaote S. p. A, Италия) линейным датчиком 3—13 МГц в режиме серой шкалы (В-режим) и режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК). Далее проводилось повторное определение границ и распространенности опухоли с внутривенным введением УЗ-контраста SonoVue (болюс 2,4 мл) и последующим введением физиологического раствора (болюс 10 мл) с использованием программы контрастного усиления. В ходе исследования фиксировались артериальная, капиллярная и венозные фазы контрастирования. Также оценивалось время, за которое достигалась максимальная визуализация опухоли по данным УЗ-исследования. Длительность наблюдения составляла от 35 до 150 с.

После удаления опухоли в пределах видимой зоны проводился промежуточный и финальный УЗ-контроль (с удалением ватников и гемостатиков из операционной раны и заполнением операционного ложа физиологическим раствором) в В-режиме, режиме ЦДК и режиме контрастного усиления с повторным введением SonoVue (2,4 мл) и физиологического раствора (10 мл). При повторном введении контраста для оценки резидуального объема опухоли, его васкуляризации и/или предложения к крупным кровеносным сосудам программа контрастного усиления использовалась дважды (клинические примеры 2, 3). Однако в период до 10—11 мин от момента введения циркулирующие в крови микросферы контраста улучшали визуализацию сосудов в стандартном режиме ЦДК (клинический пример 4). Оценка полученного изображения во всех случаях проводилась врачом УЗ-диагностики.

Побочных эффектов от введения препарата ни в одном из 5 случаев не отмечено.

Послеоперационный контроль

Все пациенты после операции наблюдались в палате пробуждения отделения реанимации и интенсивной терапии (протокол Fast Track). Четырем пациентам в раннем послеоперационном периоде выполнен КТ-контроль, 1 пациенту на 1-е сутки операции выполнена МРТ головного мозга с контрастным усилением (клинический пример 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные особенности накопления препарата, исходы хирургии и результаты морфологического исследования отражены в табл. 2.

Ниже приведены клинические примеры использования методики в хирургии внутримозговых опухолей.

Клинический пример 1

Пациентка К-ва, 58 лет. В течение 9 мес у пациентки развивались нарушения статики и походки, общемозговая симптоматика. При МРТ головного мозга выявлена внутримозговая опухоль левой гемисферы мозжечка. Пациентке выполнена операция по удалению опухоли (рис. 1).

Клинический пример 2

Пациент К-ов, 56 лет. В течение 5 мес у пациента отмечались прогрессирующие мнестические и эмоционально-личностные нарушения, а также эпилептические приступы. При МРТ головного мозга выявлена внутримозговая опухоль левой височной доли. Пациенту выполнена операция по удалению опухоли (рис. 2).

Клинический пример 3

Пациент П-ев, 23 года. Пациента примерно 4 года беспокоили эпилептические приступы. При МРТ головного

Таблица 2. Сводные данные по степени контрастирования опухоли и радикальности операции в зависимости от гистологического диагноза

Table 2. Tumor enhancement and subtype correlation

№ клинического примера Clinical example No.	Контрастирование Enhancement	Степень резекции Resection grade	Индекс по шкале Карновского (до операции) Karnofsky index (before surgery)	Результат морфологического исследования The result of a morphological study
1	Слабое Weak	Тотальное Total	80	Метастазы аденокарциномы Adenocarcenoma
2	Выраженное Intense	Близкое к тотальному Near total	80	Grade IV (глиобластома) (glioblastoma)
3	Умеренное Moderate	Тотальное Total	80	Grade II (ганглиogliома) (ganglioglioma)
4	Выраженное Intense	Тотальное Total	70	Grade IV (глиобластома) (glioblastoma)
5	Слабое Weak	Субтотальное Subtotal	90	Grade II (диффузная глиома) (diffuse glioma)

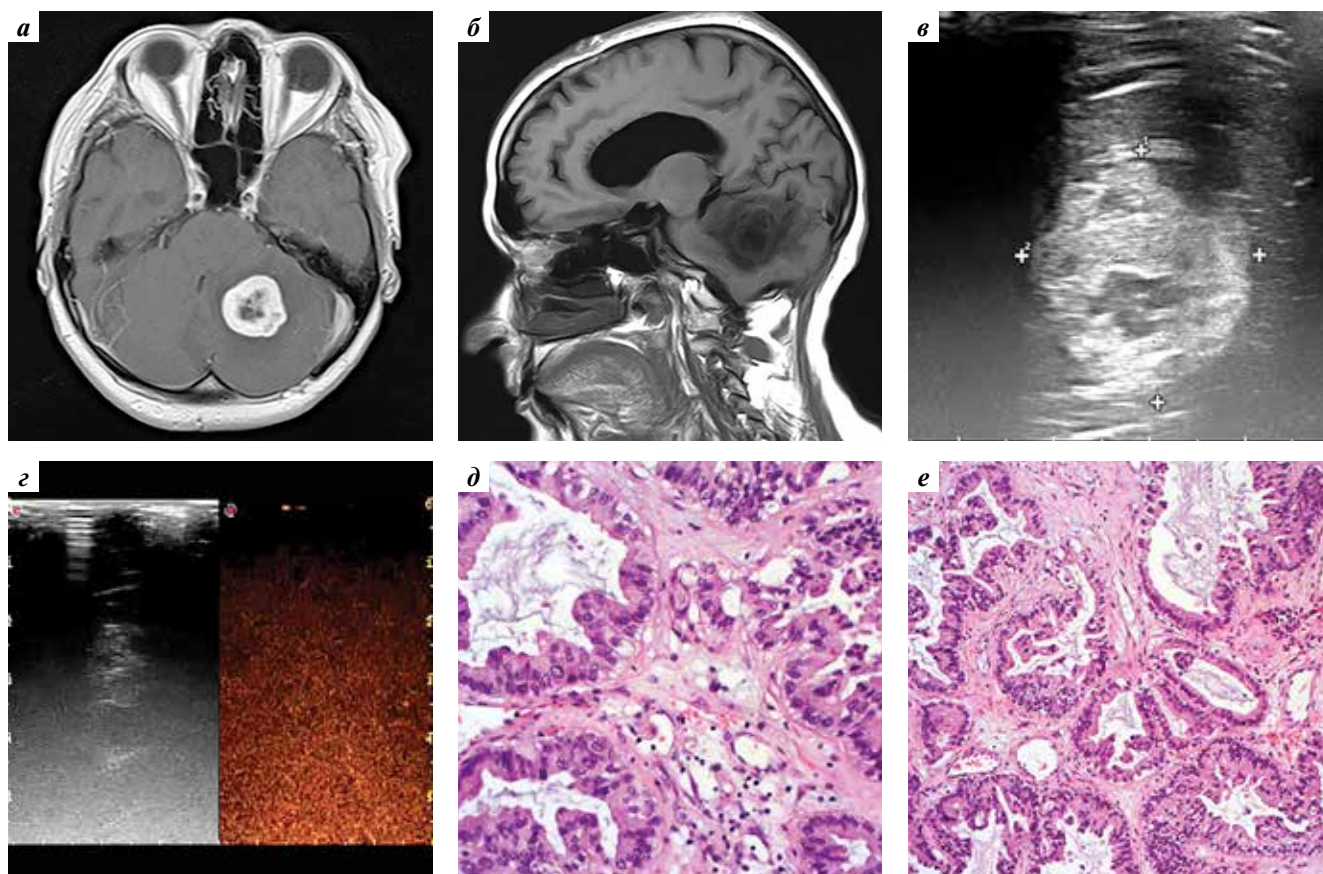


Рис. 1. Исследование головного мозга пациентки К-вой: а, б — на магнитно-резонансных томограммах с контрастным усилением в режиме T1 визуализируется опухоль левой гемисферы мозжечка ($29 \times 30 \times 30$ мм), интенсивно накапливающая контрастное вещество; в — при ультразвуковом сканировании на глубине 1,8 см от поверхности мозга определяется узел с четкими границами, гипэхогенными очагами в строме опухоли (В-режим); г — после введения контрастного вещества отмечается слабое контрастирование сосудистого рисунка в опухоли (артериальная фаза); д, е — результат гистологического исследования микропрепарата (окраска гематоксилином и эозином, $\times 100$) — метастаз рака груди

Fig. 1. Examination of the brain of patient K-va: а, б — on magnetic resonance imaging with contrast enhancement in T1 mode, a tumor of the left hemisphere of the cerebellum ($29 \times 30 \times 30$ mm) is visualized, intensively accumulating contrast agent; в — during ultrasound scanning, a node with clear boundaries is determined at a depth of 1.8 cm from the surface of the brain, hypoechoic foci in the tumor stroma (B-mode); г — after the introduction of a contrast agent, there is a weak contrast of the vascular pattern in the tumor (arterial phase); д, е — the result of histological examination of the micropreparation (hematoxylin-eosin staining, $\times 100$) — breast cancer metastasis

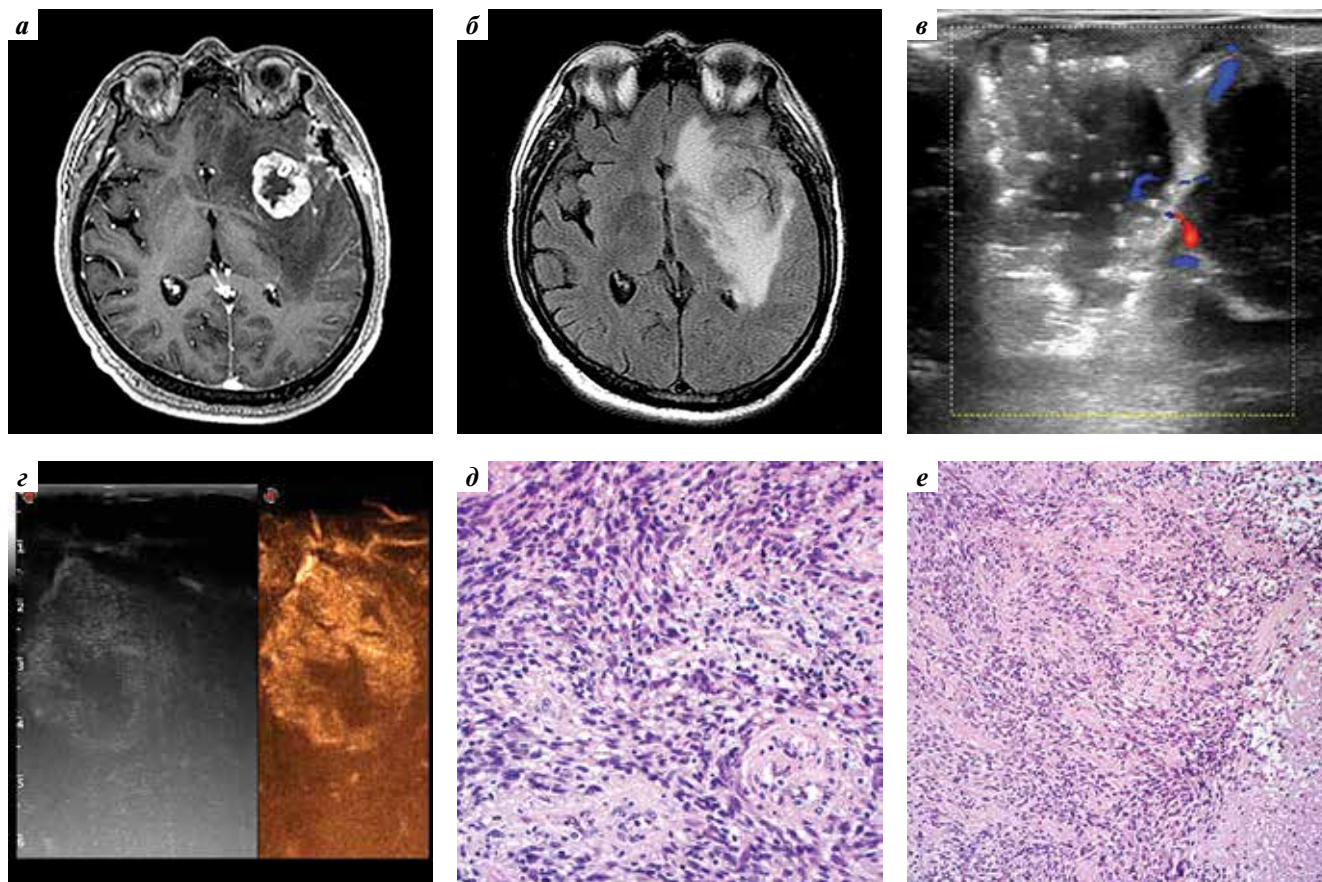


Рис. 2. Исследование головного мозга пациента К-ва: а — на магнитно-резонансных томограммах с контрастным усилением в режиме T1 перед операцией визуализируется опухоль левой височной доли, неоднородно накапливающая контрастное вещество, с признаками перифокального отека (б); в — при ультразвуковом сканировании в стандартном режиме визуализируются границы новообразования, прилегание кровеносных сосудов; г — при введении контрастного вещества отмечаются зоны различной степени контрастирования опухоли, питающие афференты и дренирующие вены (артериальная и капиллярная фазы); д, е — результат гистологического исследования микропрепарата (окраска гематоксилином и эозином, $\times 200$ (д), $\times 100$ (е)) — глиома grade IV

Fig. 2. Examination of the brain of patient K-va: a — on magnetic resonance imaging with contrast enhancement in T1 mode, a tumor of the left temporal lobe is visualized before surgery, inhomogeneously accumulating contrast material, with signs of perifocal edema (б); в — during ultrasound scanning in standard mode, the boundaries of the neoplasm, the diligence of blood vessels are visualized; г — with the introduction of a contrast agent, zones of varying degrees of tumor contrast are noted, feeding afferents and draining veins (arterial and capillary phases); д, е — the result of histological examination of the micropreparation (staining with hematoxylin and eosin, $\times 200$ (д), $\times 100$ (е)) — grade IV glioma

мозга выявлена внутримозговая кистозная опухоль левой теменной области. Пациенту выполнено оперативное вмешательство (рис. 3).

Клинический пример 4

Пациент Х-ов, 53 лет. Анамнез заболевания составил 5 мес, в течение которых отмечалось появление и нарастание сенсомоторной афазии и правостороннего гемипареза. При МРТ головного мозга выявлена внутримозговая опухоль левой лобной доли (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе результатов проведенной работы выявлены следующие особенности применения КУЗЗВ: контрастирование позволяет определять границы, интенсивность васкуляризации и очаги деструкции внутри образования с большей по сравнению с бескон-

трастным исследованием точностью; опухоли высокой степени злокачественности контрастируются интенсивно, визуализируются питающие и шунтирующие сосуды как в паренхиме, так и по периферии опухоли; применение контраста позволяет интраоперационно оценить резидуальный фрагмент опухоли и его васкуляризацию; глиомы низкой степени злокачественности визуализируются двояко: с одной стороны отмечается слабое контрастирование солидного компонента, с другой — четко визуализируются границы опухоли.

Важное преимущество методики — это возможность визуализации крупных патологических сосудов опухоли и интактных корковых и магистральных сосудов мозга. При этом продолжительность оперативного вмешательства увеличивается незначительно (4–5 мин). К ограничениям использования методики можно отнести необходимость формирования относительно

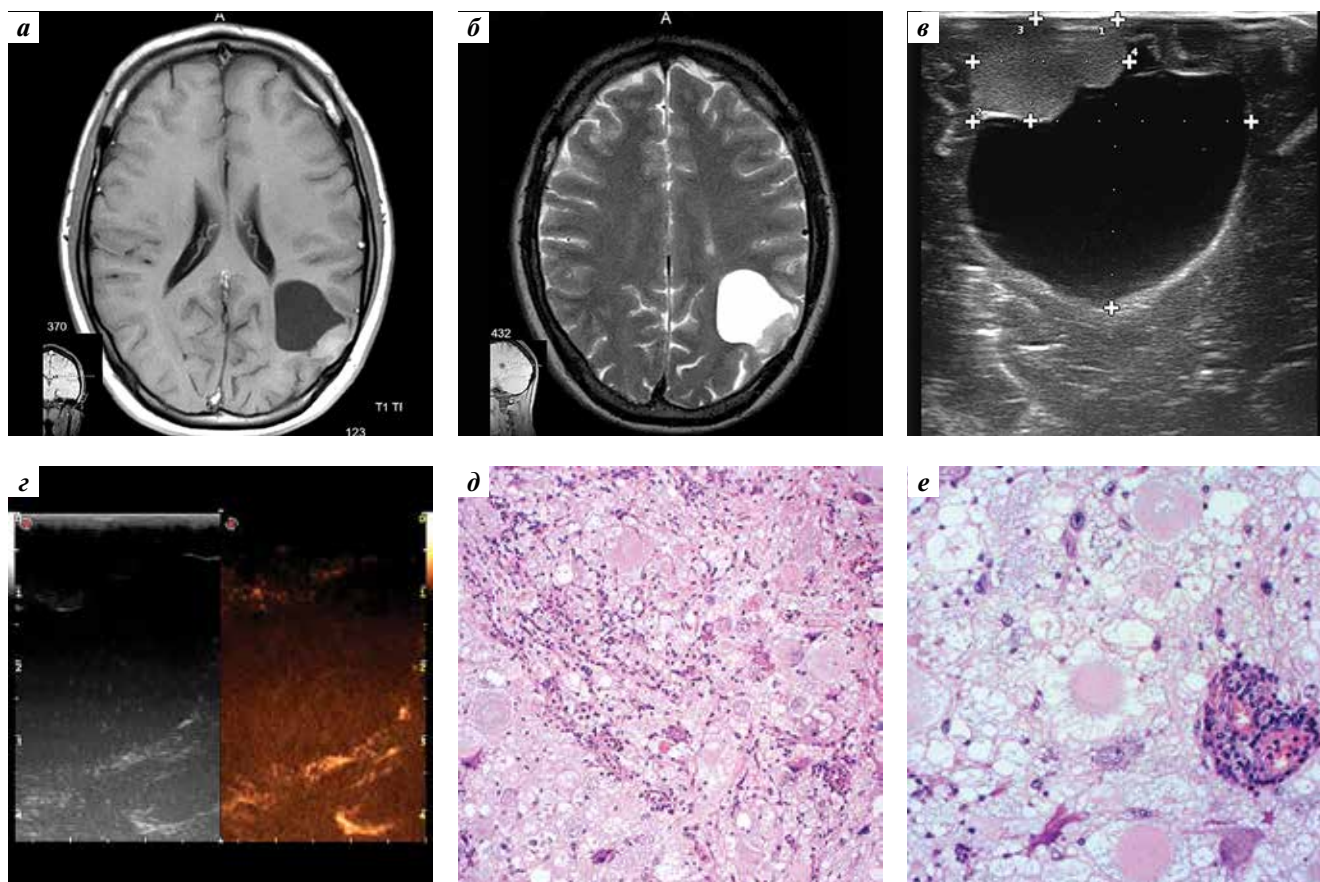


Рис. 3. Исследование головного мозга пациента П-ева: а — на магнитно-резонансных томограммах с контрастным усилением в режиме T1 визуализируется опухоль с кистозным и солидным компонентами размерами до $40 \times 37 \times 42$ мм; б — магнитно-резонансная томограмма в режиме T2; в — ультразвуковое исследование в стандартном режиме выявляет гетерогенное образование неправильной формы с гиперэхогенными границами, изоэхогенной и анэхогенной зонами на расстоянии 1 см от коры, при этом солидная его часть не дифференцируется от мозгового вещества; г — введение контрастного вещества подчеркивает кровоток в солидной части опухоли и прилегание ее нижнего полюса к сосудистым структурам (артериальная фаза); д, е — результат гистологического исследования микропрепарата (окраска гематоксилином и эозином, $\times 100$ (д), $\times 200$ (е)) — ганглиоглиома Grade II

Fig. 3. Examination of the patient's brain P-ev: a — on magnetic resonance imaging with contrast enhancement in T1 mode, a tumor with cystic and solid components up to $40 \times 37 \times 42$ mm in size is visualized; б — magnetic resonance imaging in T2 mode; в — ultrasound examination in standard mode reveals heterogeneous the formation of an irregular shape with hyperechoic boundaries, isoechoic and anechoic zones at a distance of 1 cm from the cortex, while a solid part of it does not differentiate from the medulla; г — the introduction of a contrast agent emphasizes the blood flow in the solid part of the tumor and the adherence of its lower pole to vascular structures (arterial phase); д, е — the result of histological examination of the micropreparation (staining with hematoxylin and eosin, $\times 100$ (д), $\times 200$ (е)) — Grade II ganglioglioma

большого трепанационного окна (4×4 см), что позволяет использовать линейный датчик с апертурой 40–50 мм. Модели миниатюрных интраоперационных линейных датчиков не поддерживают программу контрастного усиления.

При наличии нескольких (2 и более) образований и однократном введении ультразвукового контраста есть возможность оценить цикл «накопления — выведения» только у одного из них.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дополнение к существующим методам навигации КУУЗВ представляется перспективной вспомогательной методикой в хирургии опухолей головного мозга по параметрам эффективности, безопасности

и относительной дешевизны исследования. Сочетание разных модальностей ультразвукового сканера предоставляет информацию о границах опухоли и ее васкуляризации. Эти данные позволяют во время операции оценить степень эффективной резекции и избежать кровотечения из крупных питающих или отводящих сосудов. Малое количество наблюдений в статье обусловлено тем обстоятельством, что применение ультразвукового контраста не является рутинной процедурой в нейрохирургической практике (каждое вмешательство оформлялось по протоколу применения off-label), а сама работа выполнена в качестве пилотного исследования. Объективные ее ограничения являются основанием для дальнейшего детального и более объемного изучения проблемы.

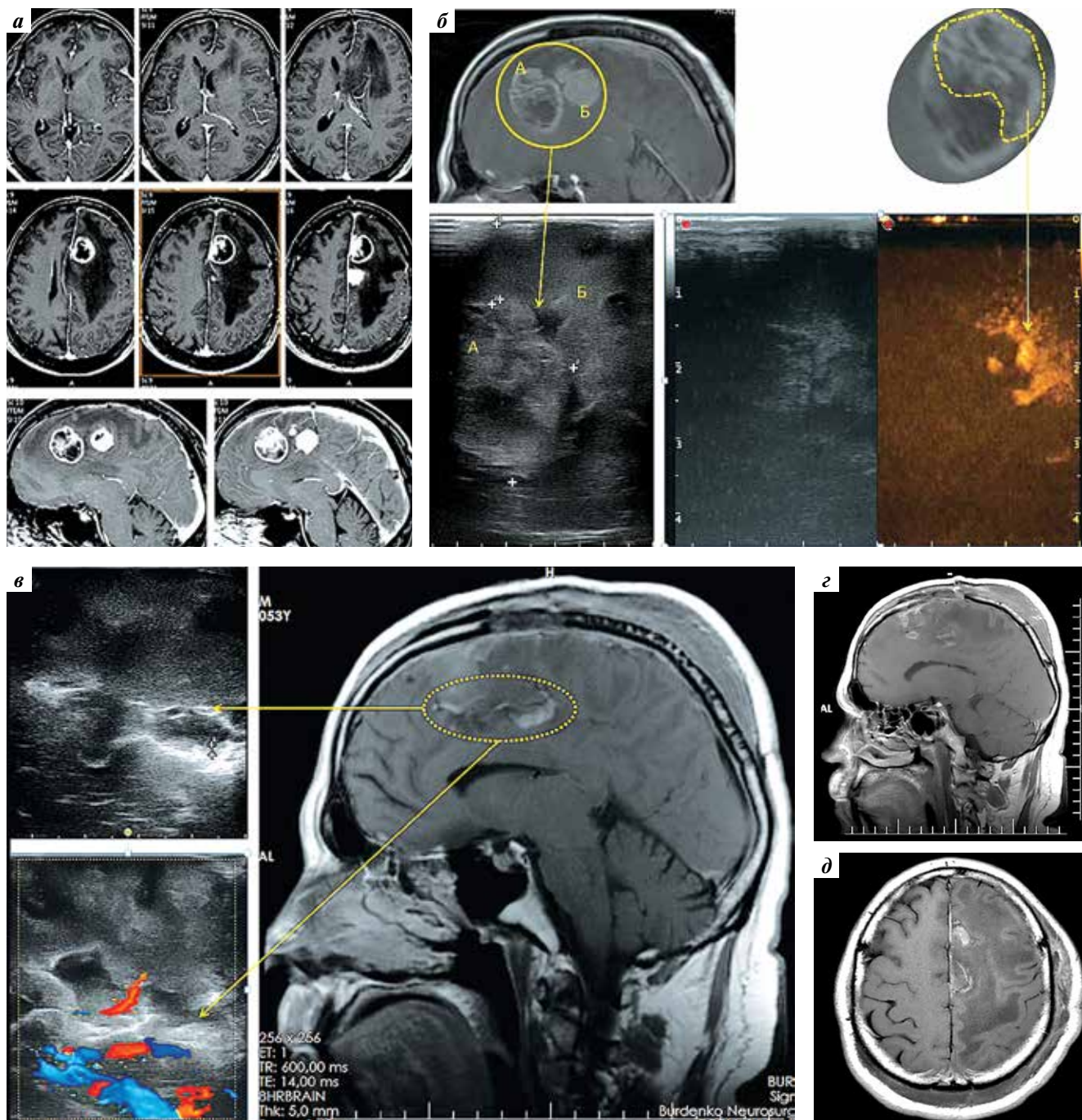


Рис. 4. Данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга пациента X-ва с мультифокальным поражением глубоких отделов левой лобной доли: а, б — на магнитно-резонансных томограммах (режим T1 с контрастным усилением) визуализируются 2 гетерогенных, преимущественно гиперэхогенных образования ($31 \times 29 \times 29$ мм и $19 \times 18 \times 19$ мм) с четкими границами (применение контрастного вещества позволяет оценить сосудистый рисунок в опухоли, отмечается его неоднородность в артериальной и капиллярной фазах); в — при интраоперационном контроле (цветовое доплеровское картирование) выявлено близкое к каудальному полюсу опухоли расположение перикаллезных артерий и вен, что послужило поводом для прекращения дальнейшего удаления опухоли, границы опухоли и форма ложа удаленной опухоли совпадают с данными послеоперационной МРТ; г, д — при контрольной МРТ головного мозга с контрастным усилением в сагиттальной и аксиальной проекциях отмечается близкое к тотальному удаление опухоли

Fig. 4. Magnetic resonance imaging (MRI) data of the brain of an X-v patient with a multifocal lesion of the deep parts of the left frontal lobe: а, б — magnetic resonance imaging (T1 mode with contrast enhancement) visualizes 2 heterogeneous, mainly hyperechoic formations ($31 \times 29 \times 29$ mm and $19 \times 18 \times 19$ mm) with clear boundaries (the use of a contrast agent makes it possible to assess the vascular pattern in the tumor, its heterogeneity in the arterial and capillary phases is noted); в — during intraoperative control (color Doppler mapping) the location of pericallosal arteries and veins close to the caudal pole of the tumor was revealed, which served as a reason for stopping further removal of the tumor, the boundaries of the tumor and the shape of the bed of the removed tumor coincide with the data of postoperative MRI; г, д — on the control MRI of the brain with contrast enhancement in sagittal and axial projections, close to total removal of the tumor is noted

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. von Herbay A., Westendorff J., Gregor M. Contrast-enhanced ultrasound with SonoVue: differentiation between benign and malignant focal liver lesions in 317 patients. *J Clin Ultrasound* 2010;38:1–9. DOI: 10.1002/jcu.20626
2. Mauri G., Porazzi E., Cova L. et al. Intraprocedural contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in liver percutaneous radiofrequency ablation: clinical impact and health technology assessment. *Insights Imaging* 2014;5:209–16. DOI: 10.1007/s13244-014-0315-7
3. Prada F., Bene M.D., Fornaro R. et al. Identification of residual tumor with intraoperative contrast-enhanced ultrasound during glioblastoma resection. *Neurosurg Focus* 2016;40(3):E7. DOI: 10.3171/2015.11.FOCUS15573
4. Prada F., Del Bene M., Mattei L. et al. Fusion imaging for intraoperative ultrasound-based navigation in neurosurgery. *J Ultrasound* 2014;17(3):243–51. DOI: 10.1007/s40477-014-0111-8
5. Prada F., Gennari A.G., Linville I.M. et al. Quantitative analysis of *in-vivo* microbubble distribution in the human brain. *Sci Rep* 2021;11(1):11797. DOI: 10.1038/s41598-021-91252-w
6. Torzilli G. Contrast-enhanced intraoperative ultrasonography in surgery for liver tumors. *Eur J Radiol* 2004; Suppl. 51:25–9. DOI: 10.1016/j.ejrad.2004.03.025

Вклад авторов

В.Н. Шиманский: дизайн исследования, редактирование текста;
 В.К. Пошатаев: дизайн исследования, сбор данных, написание текста, анализ и интерпретация данных;
 Г.А. Денисова: анализ и интерпретация данных, редактирование текста;
 С.В. Танышин: дизайн исследования, редактирование текста;
 Г.Л. Кобяков: анализ и интерпретация данных;
 К.В. Шевченко: сбор данных;
 В.В. Карнаухов: набор материала, редакция текста.

Authors' contributions

V.N. Shimansky: research design, text editing;
 V.K. Poshataev: research design, collection, text writing, data analysis and interpretation;
 G.A. Denisova: data analysis and interpretation, text revision;
 S.V. Tanyashin: research design, text editing;
 G.L. Kobaykov: data analysis and interpretation;
 K.V. Shevchenko: data collection;
 V.V. Karnaukhov: a set of material, text editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.Н. Шиманский / V.N. Shimansky: <https://orcid.org/0000-0002-3816-847X>
 В.К. Пошатаев / V.K. Poshataev: <https://orcid.org/0000-0002-3279-3733>
 Г.А. Денисова / G.A. Denisova: <https://orcid.org/0000-0001-6363-501X>
 С.В. Танышин / S.V. Tanyashin: <https://orcid.org/0000-0001-8351-5074>
 Г.Л. Кобяков / G.L. Kobaykov: <https://orcid.org/0000-0002-7651-4214>
 К.В. Шевченко / K.V. Shevchenko: <https://orcid.org/0000-0003-3732-6664>
 В.В. Карнаухов / V.V. Karnaukhov: <https://orcid.org/0000-0002-2581-8648>

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors of the article declare that there is no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was conducted without sponsorship.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. В публикации представлены обезличенные данные пациентов.

Compliance with the rights of patients and the rules of bioethics. The publication presents depersonalized patient data.

Статья поступила: 29.11.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 29.11.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

ВИДЕОАССИСТИРОВАННОЕ ТОРАКОСКОПИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДИСКОГЕННОЙ ГРУДНОЙ МИЕЛОПАТИИ

Ю.Е. Кубецкий^{1,2}, Е.Д. Анисимов^{1,2}, Р.В. Халепа^{1,3}, Е.А. Лопарев¹, Д.А. Рзаев¹⁻³, Е.В. Амелина², В.В. Кельмаков¹

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

²ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» Минобрнауки России; Россия, 630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 1;

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 630091 Новосибирск, Красный просп., 52

Контакты: Егор Дмитриевич Анисимов anisimovegor97@gmail.com

Введение. Клинически значимые грыжи межпозвонковых дисков в грудном отделе позвоночника встречаются достаточно редко, и тактика хирургического лечения пациентов с данной патологией остается дискуссионной. Торакоскопическая методика имеет ряд преимуществ в виде меньшего периода госпитализации и менее выраженного болевого синдрома в области оперативного вмешательства по сравнению со стандартной – задним хирургическим доступом.

Цель исследования – оценка результатов видеоторакоскопического лечения пациентов с дискогенной грудной миелопатией.

Материал и методы. В статье приведен анализ результатов лечения 21 пациента, госпитализированного в ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск). По результатам обследования пациенты были разделены на 2 группы: с мягкими (10 пациентов) и оссифицированными (11 пациентов) грыжами. Каждому пациенту проведено трансторакальное видеоэндоскопическое удаление грыжи межпозвонкового диска грудного отдела позвоночника. Средний срок катамнеза составил 29 (от 4 до 72) мес.

Результаты. На момент выписки у 18 (85,7 %) пациентов не наблюдалось ухудшения в неврологическом статусе, у 2 (9,5 %) отмечена положительная динамика в виде уменьшения степени гипертонуса и степени нижнего парализа, у 1 (4,75 %) – некоторое ухудшение статуса. Удовлетворительного результата лечения в позднем послеоперационном периоде удалось достичь у 14 (66,7 %) пациентов.

Заключение. Трансторакальная эндоскопическая видеоассистенция представляется эффективным и достаточно безопасным методом хирургического лечения пациентов с дискогенной грудной миелопатией.

Ключевые слова: грыжи межпозвонкового диска, грудная миелопатия, видеоторакоскопия

Для цитирования: Кубецкий Ю.Е., Анисимов Е.Д., Халепа Р.В. и др. Видеоассистированное торакоскопическое лечение дискогенной грудной миелопатии. Нейрохирургия 2023;25(2):28–40. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-28-40

Video-assisted thoracoscopic treatment of discogenic thoracic myelopathy

Yu. E. Kubetsky^{1,2}, E. D. Anisimov^{1,2}, R. V. Khalepa^{1,3}, E. A. Loparev¹, D. A. Rzaev¹⁻³, E. V. Amelina², V. V. Kelmakov¹

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

²Novosibirsk State University, Ministry of Education and Science of Russia; 1 Pirogova St., Novosibirsk 630090, Russia;

³Novosibirsk State Medical University, Ministry of Health of Russia; 52 Krasny Ave., Novosibirsk 630091, Russia

Contacts: Egor Dmitrievich Anisimov anisimovegor97@gmail.com

Background. Clinically significant herniated intervertebral discs in the thoracic spine are quite rare, and the tactics of surgical treatment of a group of patients with this pathology remains debatable. The thoracoscopic technique has a number of advantages in the form of a shorter hospital stay and less severe pain in the surgical area compared to standard posterior surgical access.

Aim. To evaluate the results of videothoracoscopic treatment of patients with discogenic thoracic myelopathy.

Material and methods. The article analyzes the results of treatment of 21 patients hospitalized at the Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk). According to the results of the examination, the patients were divided into 2 groups: with

mild (10 patients) or ossified (11 patients) hernias. Each patient underwent video-assisted thoracoscopic microdiscectomy. The median follow-up was 29 (4 to 72) months.

Results. At the time of discharge, 18 (85.7 %) patients showed no deterioration in neurological status, 2 (9.5 %) patients showed positive dynamics in the form of a decrease in the degree of hypertonicity and the degree of lower paraparesis. A satisfactory result of treatment in the late postoperative period was achieved in 14 (66.7 %) patients.

Conclusion. Video-assisted thoracoscopic surgery is an effective and safe method of surgical treatment of patients with discogenic thoracic myelopathy.

Keywords: intervertebral disc herniation, thoracic myelopathy, videothoracoscopy

For citation: Kubetsky Yu. E., Anisimov E. D., Khalepa R. V. et al. Video-assisted thoracoscopic treatment of discogenic thoracic myelopathy. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):28–40. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-28-40

ВВЕДЕНИЕ

Грыжи грудного межпозвонкового диска (ГГМД) являются редким заболеванием. По статистике, клинически значимые ГГМД составляют 1,5–4 % всех грыж межпозвонковых дисков [1]. Хирургические операции в лечении ГГМД включают как открытые методики, так и видеоассистированную торакоскопическую хирургию (video-assisted thoracoscopic surgery, VATS) [2]. Торакоскопическая техника удаления ГГМД впервые описана R. J. Lewis и соавт. в 1991 г. [3]. В дальнейшем в ряде работ показаны преимущества эндоскопических методик в виде меньшего периода госпитализации и менее выраженного болевого синдрома в области оперативного вмешательства по сравнению со стандартной задней хирургией [4–6]. Из-за относительной редкости клинически значимых ГГМД, а также тяжести течения грудной миелопатии при данном заболевании тактика хирургического лечения данной группы пациентов продолжает обсуждаться. В нашем исследовании ретроспективно оценены результаты хирургического лечения ГГМД у пациентов, имеющих проявления грудной миелопатии и оперированных с применением видеоэндоскопической трансторакальной техники, и проведен анализ возможных причин развития осложнений в раннем послеоперационном периоде и в катамнезе.

Цель исследования — оценка результатов видеоторакоскопического лечения пациентов с дискогенной грудной миелопатией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2015 по 2021 г. в ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск) проведена 21 видеоассистированная торакоскопическая операция. Группа пациентов состояла из 11 женщин и 10 мужчин, средний возраст — 54,7 (от 33 до 79 лет) года. Каждому пациенту проведен неврологический осмотр за день до оперативного вмешательства, в 1-й день после операции и в катамнезе. Для диагностики грыжи и изменений в спинном мозге до операции выполнены обследования: мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) грудного отдела позвоночника (ГОП) и легких, магнитно-резонансная томография (МРТ) и рентгенография ГОП в прямой и боковой проекциях

с проведением функциональных проб. В раннем послеоперационном периоде всем пациентам проводили МСКТ и МРТ ГОП для оценки результатов оперативного вмешательства (рис. 1).

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Критерием включения в исследование было наличие (по данным МСКТ и МРТ) клинически значимой ГГМД с развитием стеноза позвоночного канала и спондилогенной грудной миелопатии, критериями исключения — наличие 5 и более баллов по критериям нестабильности по White и Panjabi, сколиотической деформации, травматического повреждения позвоночника, заболеваний органов грудной клетки и инфекционных болезней. С учетом того, что у большей части ГГМД имеются признаки кальцификации и оссификации, а это, в свою очередь, может усложнять основной этап оперативного вмешательства, пациенты, по данным МСКТ, были разделены на 2 группы: с мягкими (10 пациентов) и оссифицированными (11 пациентов) грыжами. Признаки оссификации определялись как увеличение плотности грыжевого фрагмента до 150–200 HU (по данным МСКТ) [7].

ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Техника VATS у всех пациентов в исследовании оставалась неизменной и выполнялась с учетом рекомендаций, изложенных в издании «Видеоэндоскопическая хирургия повреждений и заболеваний грудного и поясничного отделов позвоночника» (под редакцией В. В. Крылова) [8].

Каждое оперативное вмешательство выполнялось в положении пациента на боку. Особенностью анестезиологического пособия при трансторакальной хирургии является односторонняя интубация. При выборе стороны торакоскопического доступа необходимо учитывать анатомические взаимоотношения аорты и позвоночника, а также наличие в правом подреберье печени. Таким образом, для доступа к позвонкам Th2–Th8 безопаснее выбирать правосторонний, а для Th9–Th12 — левосторонний подходы.

Под рентгенологическим контролем с помощью электронно-оптического преобразователя производили

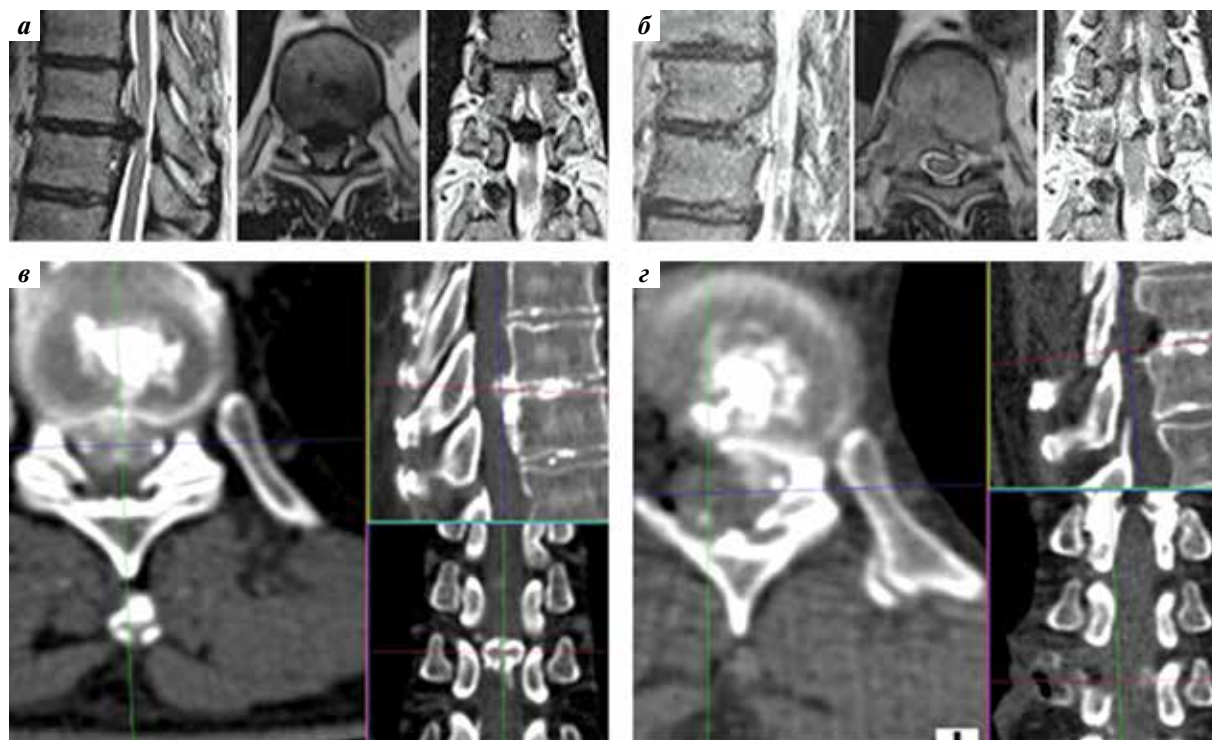


Рис. 1. Визуализация грыжи грудного межпозвонкового диска на этапе планирования операции и оценка послеоперационных результатов по данным методов лучевой диагностики: а, б — магнитно-резонансная томография (МРТ) грудного отдела позвоночника (ГОП) и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) ГОП до операции, демонстрирующие срединную кальцифицированную грыжу межпозвонкового диска на уровне позвонков Th9 — Th10; в, г — МРТ ГОП и МСКТ ГОП после проведения видеоассистированной торакоскопической хирургии

Fig. 1. Visualization of a herniated thoracic intervertebral disc at the stage of planning before the operation and evaluation of postoperative results: а, б — magnetic resonance imaging (MRI) of the thoracic spine (TS) and multislice computed tomography (MSCT) of the TS before surgery, demonstrating median calcified herniated intervertebral disc at the level of Th9 — Th10 vertebrae; в, г — MRI and MSCT of the TS after VATS

разметку над пораженным межпозвонковым диском. После этого устанавливали рабочие порты: 1-й — над уровнем пораженного межпозвонкового диска (для рабочего инструмента), 2-й — кпереди от первого порта на расстоянии около 8 см (для эндоскопа) и 3-й — по переднеподмышечной линии на 2 межреберья выше (для аспиратора). Далее рассекали париетальную плевру на 3 см дистальнее медиального края головки ребра до середины тела позвонка, отступив краниально и каудально от края диска на 1 см (рис. 2, а). На следующем этапе операции выполняли резекцию головки ребра для обнажения межпозвонкового отверстия и визуализации твердой мозговой оболочки (ТМО) и грыжевого выпячивания (рис. 2, б и в). Для выделения и удаления грыжи межпозвонкового диска использовали дуральный крючок и кусачки (рис. 2, г). Окончанием для основного этапа операции служило отсутствие в поле зрения видимых фрагментов грыжи межпозвонкового диска, расправление и пульсация ТМО (рис. 2, д). Следующий этап операции — проведение гемостаза. Под контролем эндоскопа в плевральную полость устанавливали трубчатый однопросветный дренаж на уровне 9—10-го межреберья. После этого удаляли троакары, проводили послойное ушивание раны и расправление коллабированного легкого.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения R версии 4.1.0 [9]. Данные представлены как среднее/медиана (интерквартильный размах). Для сравнения показателей до и после операции применяли двусторонний тест Уилкоксона, а для сравнения показателей в разрезе типов ГГМД использовали двусторонние тест Манна—Уитни и точный критерий Фишера. За уровень статистической значимости принимали $p = 0,05$.

Данные в работе представлены в виде диаграммы типа «ящик с усами», где указаны медиана, интерквартильный размах, наибольшее/наименьшее значение выборки, которые располагались в пределах расстояния 1,5 значения интерквартильного размаха. Исходные данные отражены на диаграмме с небольшими возмущениями, внесенными для лучшей визуализации.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Для оценки предоперационного состояния пациентов и результатов хирургического лечения использовали шкалу оценки неврологического статуса пациента Frankel grade с 5 функциональными группами (от А до Е) и 4-балльную шкалу спастичности Ashworth.

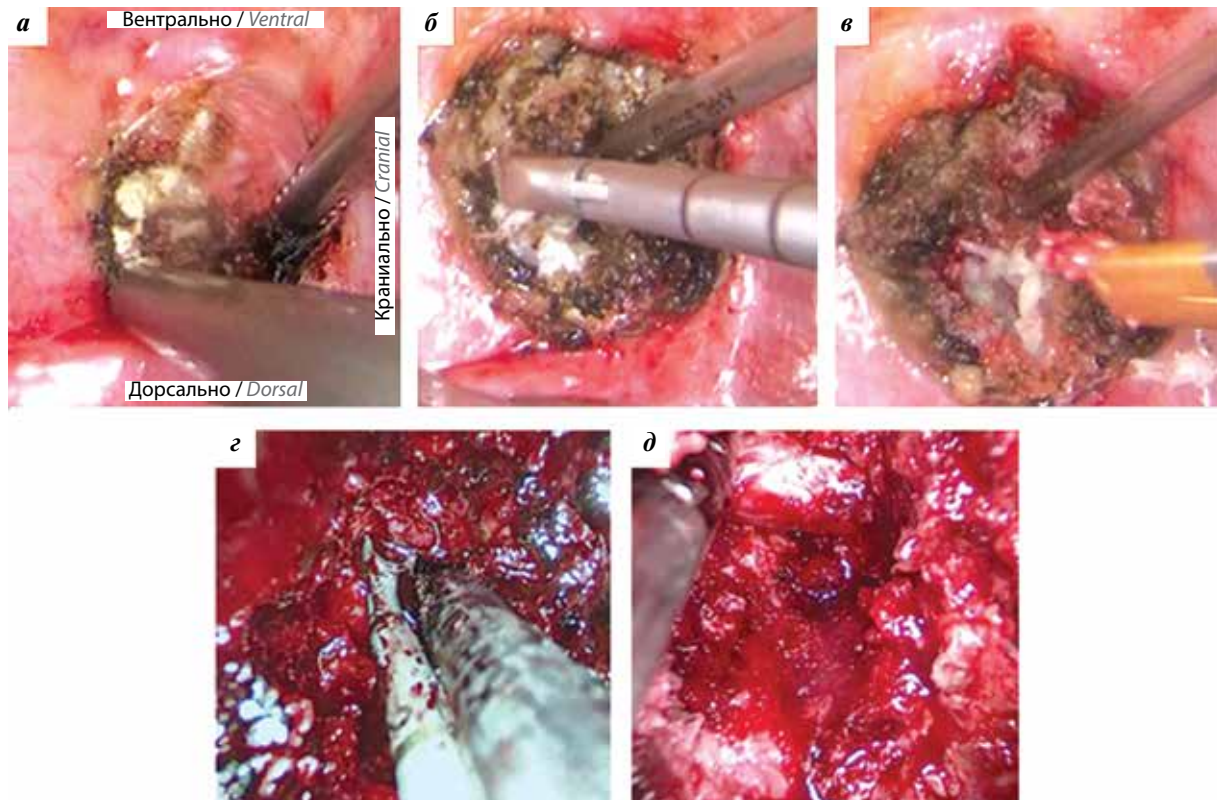


Рис. 2. Этапы проведения видеоассистированной торакоскопической хирургии: а — вскрытие париетальной плевры (ориентация дана относительно расположения пациента); б — удаление головки ребра; в — дискэктомия; г — удаление грыжи межпозвонкового диска; д — окончательный результат декомпрессии: в верхней части снимка наблюдается расправленный дуральный мешок без признаков компрессии.

Fig. 2. Stages of video-assisted thoracoscopic surgery: а — opening of the parietal pleura (orientation is given relative to the patient's position); б — removal of the head of the rib; в — discectomy; г — removal of a herniated intervertebral disc; д — the final result of decompression: in the upper part of the image there is an expanded dural sac without signs of compression.

Для оценки возможности пациента самостоятельно передвигаться применяли шкалу оценки степени нарушения дееспособности Nurick (для статистического анализа использовали баллы, соответствующие степени по шкале Nurick от 0 до 5), для определения степени выраженности клинических симптомов миелопатии — 17-балльную модифицированную шкалу Японской ортопедической ассоциации (modified Japanese Orthopedic Association Score, mJOA) и 18-балльную Европейскую миелопатическую шкалу (European myelopathy score, EMS). Оценку по шкалам проводили трижды: за сутки до операции, после операции в 1-й день и при выписке пациента из стационара. В дальнейшем вели динамическое наблюдение за клиническим состоянием пациентов в сроки 6, 12 мес и более. Средний период наблюдения после вмешательства составил 29 (от 4 до 72) мес.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническая картина

У всех пациентов в дооперационном периоде в клинической картине имелись проявления грудной миелопатии, включающие нижний парапарез, гипертонус и гиперрефлексию нижних конечностей и наруше-

ние функции тазовых органов. Время между появлением первых симптомов заболевания и установлением диагноза составило в среднем 1,9 года. У 4 (19 %) пациентов первым признаком заболевания была боль в грудном отделе позвоночника и лишь со временем появились симптомы грудной миелопатии; у остальных 17 (81 %) пациентов первоначально развились симптомы грудной миелопатии в виде нижнего парапареза. На момент госпитализации у большинства пациентов имелось несколько клинических проявлений заболевания (рис. 3).

По шкале спастичности Ashworth у 4 (19 %) пациентов не было изменений мышечного тонуса, у 6 пациентов изменения соответствовали 1 баллу, у 9 — 2 баллам, у 2 диагностирован гипертонус (3 балла). Девять (42,9 %) пациентов сообщили о симптомах нарушений функции тазовых органов. Неврологический дефицит по шкале Frankel в дооперационном периоде варьировал от В до D: у 2 (9,5 %) пациентов он соответствовал степени В, у 6 (28,6 %) — С и у 13 (61,9 %) — D. У всех пациентов была определена степень выраженности грудной миелопатии по шкале mJOA: среднее значение составило 12,3 балла (данные варьировали от 9 до 16), а по данным шкалы EMS — 13,5 (от 10 до 16). Каждый пациент

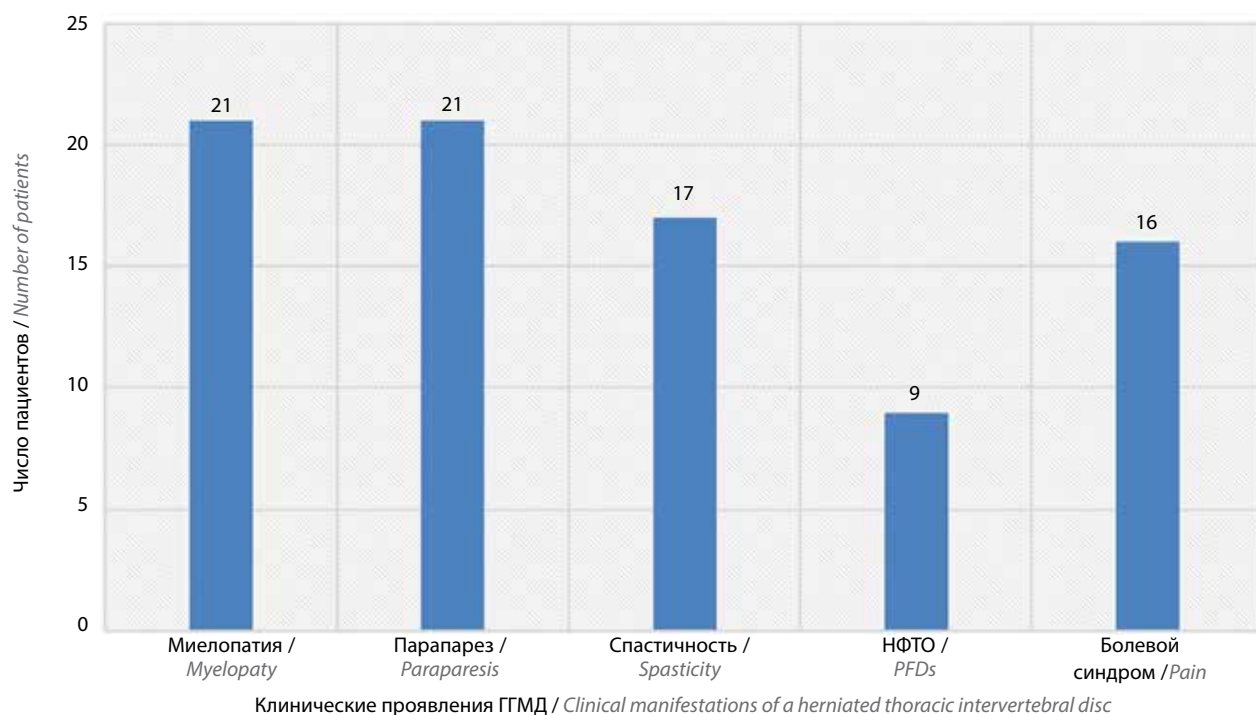


Рис. 3. Клинические проявления грыжи грудного межпозвонкового диска (ГМД) у пациентов на момент госпитализации. Сокращение: НФТО – нарушение функции тазовых органов

Fig. 3. Clinical manifestations of Hernia of the thoracic intervertebral disc in patients at the time of hospitalization. Abbreviation: PFDs – violation of pelvic organ function

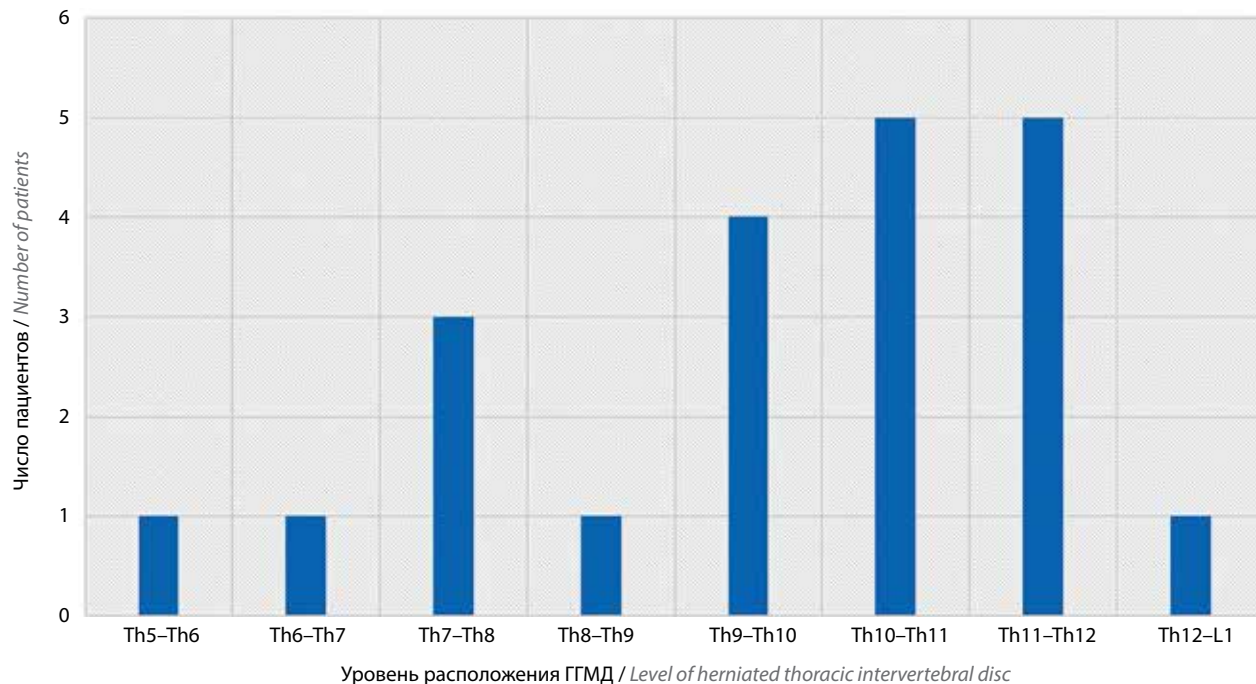


Рис. 4. Распределение пациентов по уровню расположения грыжи грудного межпозвонкового диска (ГМД)

Fig. 4. Distribution of patients according to the level of a herniated thoracic intervertebral disc

до вмешательства имел трудности при передвижении: среднее значение по шкале Nurick составило 2,8 балла.

Чаще всего уровень ГМД соответствовал Th10 – Th11 и Th11–Th12 межпозвонковым дискам: 10 (47,6 %) па-

циентов. Распределение пациентов по уровню ГМД представлено на рис. 4.

У 17 пациентов ГМД имела срединное расположение, у 2 – латерализацию влево и у 2 – вправо.

По результатам МСКТ и МРТ ГОП мягкая грыжа межпозвонкового диска выявлена в 10 случаях, оссифицированная — в 11.

У 7 (38,2 %) пациентов отмечены дегенеративные поражения других отделов позвоночника, в анамнезе у 1 (4,8 %) пациента ранее (за 15 лет до настоящей операции) выполнено вмешательство по поводу интрамедуллярной опухоли шейного отдела спинного мозга. По данным неврологического осмотра у всех пациентов имеющийся неврологический дефицит соответствовал уровню ГГМД.

После разделения пациентов на группы с мягкими и оссифицированными грыжами (табл. 1) выявляли статистически значимую разницу в возрасте: у пациентов с мягкими грыжами возраст на момент операции был больше ($p = 0,041$). Других демографических различий между группами не найдено.

Помимо этого выявлено, что у данных групп существует статистически значимая разница исходных значений по шкалам mJOA, EMS и Nurick ($p < 0,05$). Неврологический статус пациентов с мягкими грыжами изначально был тяжелее, чем у пациентов с оссифицированными грыжами (табл. 2).

Интраоперационные данные

Среднее время операции составило 220/205 (170; 255) мин (диапазон 130–480 мин), кровопотеря —

506/350 (150; 900) мл (диапазон 20–1700 мл). При трансторакальном удалении оссифицированных грыж грудного отдела позвоночника кровопотеря была статистически значимо больше ($p = 0,006$). В 2 случаях при кровопотере 1700 и 1000 мл потребовалось проведение гемотрансфузии.

Непреднамеренная дуротомия произошла во время проведения 2 операций, что потребовало пластики ТМО и установки люмбального дренажа.

Клиническая картина в раннем послеоперационном периоде

При оценке результатов операции выявлено, что ранний послеоперационный период протекал по определенным закономерностям: ухудшение неврологического статуса пациентов развилось в первые дни после операции, а затем, к моменту выписки, отмечалось возвращение к исходному состоянию. В первые дни после операции произошло незначительное снижение значений до 13/14 (12; 15) по шкале mJOA и при выписке — возвращение в предоперационное состояние до 13,3/14 (12; 15) (табл. 3, рис. 5).

Аналогичные результаты мы получили и при оценке по EMS: в раннем послеоперационном периоде отмечалось ухудшение до 14/15 (12; 16) с последующим восстановлением показателей к моменту выписки пациента из стационара до значений 14,2/15 (13; 16) (рис. 6, см. табл. 3).

Таблица 1. Общие данные о пациентах в группах с мягкими и оссифицированными грыжами грудного межпозвонкового диска

Table 1. Data on patients in groups with soft and ossified hernias of the thoracic intervertebral disc

Данные пациентов Patients data	Грыжи грудного межпозвонкового диска Hernia of the thoracic intervertebral disc	
	мягкие soft	оссифицированные ossified
Возраст, лет Age, years	61/59 (54; 64,8)*	49/48 (42; 57)*
Длительность операции, мин Duration of the operation, min	203/205 (160; 242,5)	236/220 (177,5; 262,5)
Кровопотеря, мл Blood loss, ml	242/125 (50; 300)	746/700 (350; 1000)
Переливание крови, абс./% Blood transfusion, abs./%	—	2/18
Длительность госпитализации, дней Duration of hospitalization, days	11,4/11 (8,5; 11,8)	11/10 (7,5; 13)
Время от появления симптомов до хирургического лечения, лет Time from symptom onset to surgery, years	1,7/1,0 (1; 2)	2,1/2,0 (1,0; 2,5)
Наличие дегенеративных поражений в других отделах позвоночника, абс./% Presence of degenerative lesions in other parts of the spine, abs./%	3/30	5/45
Период наблюдения, лет Follow-up, years	1,7/1,5 (1,0; 2,8)	3,1/3 (2; 4)

*Здесь и далее в табл. 2–5 даны значения медианы/интерквартильного размаха (в скобках — минимальное; максимальное значение выборки).

*Here and further in Tables 2–5, the values of the median/interquartile range are given (in parentheses — the minimum; maximum value of the sample).

Таблица 2. Данные о клиническом состоянии пациентов в группах с мягкими и оссифицированными грыжами на дооперационном уровне
Table 2. Data on the clinical condition of patients in groups with soft and ossified hernias before the operation

Методы оценки клинического состояния пациентов Methods for assessing the clinical condition of patients	Грыжи грудного межпозвонкового диска Hernia of the thoracic intervertebral disc		Значение <i>p</i> Value <i>p</i>
	мягкие soft	оссифицированные ossified	
Шкала mJOA, баллы mJOA scale, points	12,3/12,5 (10,2; 14)	14,4/15 (13,5; 15)	0,030
Шкала EMS, баллы EMS, points	13,5/13,5 (12; 15)	15,2/15 (15; 16)	0,047
Шкала Ashworth, баллы Ashworth scale, points	1,7/2 (1,2; 2)	1,2/1 (1; 2)	0,180
Шкала Nurick, баллы Nurick scale, points	3,4/4 (2,2; 4)	2,2/2 (2; 2)	0,007
Нарушение функции тазовых органов, ед. Pelvic floor dysfunction, number of patients	6	3	0,198

Сокращения (здесь и в табл. 3–5): mJOA (modified Japanese Orthopedic Association Score) – модифицированная шкала Японской ортопедической ассоциации; EMS (European myelopathy score) – Европейская шкала миелопатии.

Abbreviations (here and in Tables 3–5): mJOA (modified Japanese Orthopedic Association Score) – modified scale of the Japanese Orthopedic Association; EMS (European myelopathy score) – European scale of myelopathy.

Таблица 3. Оценка результатов лечения в разные периоды наблюдения
Table 3. Evaluation of the results of treatment in different periods of observation

Методы оценки клинического состояния пациентов Methods for assessing the clinical condition of patients	До операции Before surgery	После операции на 1-е сутки After the operation on the 1 st day	При выписке из стационара Upon discharge from the hospital	На контрольном осмотре At the follow-up
Шкала mJOA, баллы mJOA scale, points	13,4/14 (13; 15)	13/14 (12; 15)	13,3/14 (12; 15)	12,9/13 (11; 15)
Шкала EMS, баллы EMS, points	14,4/15 (13; 16)	14/15 (12; 16)	14,2/15 (13; 16)	13,9/14 (12; 16)
Шкала Ashworth, баллы Ashworth scale, points	1,4/2 (1; 2)	1,4/2 (1; 2)	1,2/1 (1; 2)	1/1 (0; 1)
Шкала Nurick, баллы Nurick scale, points	2,8/2 (2; 4)	3,1/3 (2; 4)	3/2 (2; 4)	3,1/3 (2; 4)

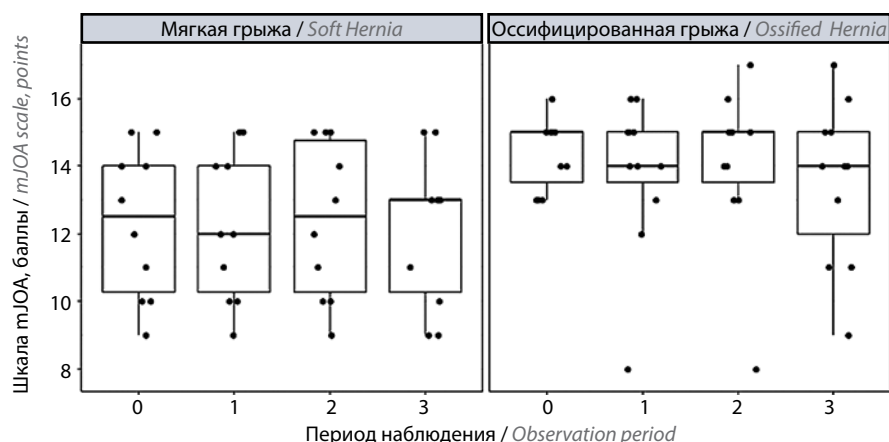


Рис. 5. Динамика проявлений миелопатии у пациентов по модифицированной шкале Японской ортопедической ассоциации (mJOA). Период наблюдения: 0 – до операции; 1 – на 1-е сутки после операции; 2 – при выписке из стационара; 3 – на контрольном осмотре

Fig. 5. Dynamics of myelopathy manifestations in patients according to the modified scale of the Japanese Orthopedic Association (mJOA). Observation periods: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

Осложнения в раннем послеоперационном периоде

У 7 (33,3 %) пациентов в раннем послеоперационном периоде возникли осложнения. У 2 (9,5 %) пациентов развился гидроторакс, у 1 (4,8 %) — напряженный пневмоторакс, у 3 (14,2 %) — острая инфекция нижних мочевыводящих путей, у 1 (4,8 %) — тромбоз вен нижних конечностей.

Послеоперационное ухудшение неврологического статуса произошло у 1 (4,8 %) пациента с оссифицированной срединной грыжей на уровне Th10–Th11 межпозвонкового диска. Дооперационный неврологический статус пациента соответствовал средней степени тяжести (13 баллов по mJOA и 15 баллов по EMS). Интраоперационно кровопотеря у данного пациента составила 1000 мл, и во время операции произошла непреднамеренная дуротомия, которая потребовала установки люмбального дренажа. В первые сутки по-

сле операции у больного наблюдалось нарастание нижнего парапареза до 2 баллов (8 баллов по mJOA и 11 баллов по EMS). На контрольных осмотрах отмечена положительная динамика, однако к настоящему времени (срок катамнеза — 12 мес) неврологический дефицит не восстановился до исходного статуса и составил 9 баллов по mJOA и 12 баллов по EMS.

На момент выписки у 18 (85,7 %) пациентов не наблюдалось ухудшения в неврологическом статусе по сравнению с предоперационным, а у 2 (9,5 %) пациентов была отмечена положительная динамика в виде уменьшения степени гипертонуса и степени нижнего парапареза. Состояние всех пациентов на момент выписки существенно не изменилось и соответствовало по шкале Frankel степени В у 2 (9,6 %) пациентов, степени С — у 5 (23,8 %) и степени D — у 14 (66,6 %) (рис. 7).

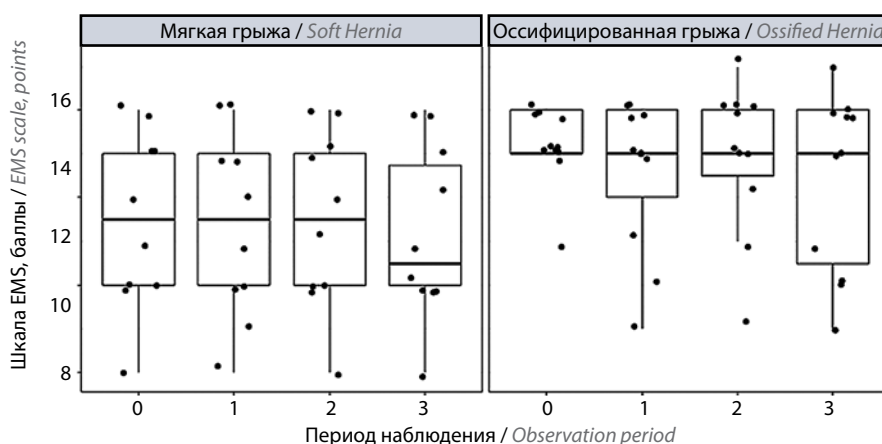


Рис. 6. Динамика проявлений миелопатии у пациентов по Европейской миелопатической шкале (EMS). Период наблюдения: 0 — до операции; 1 — на 1-е сутки после операции; 2 — при выписке из стационара; 3 — на контрольном осмотре

Fig. 6. Dynamics of myelopathy manifestations in patients according to the European Myelopathic Scale (EMS). Follow-up period: 0 — before surgery; 1 — on the 1st day after the operation; 2 — upon discharge from the hospital; 3 — at the control examination

Таблица 4. Динамика показателей неврологического статуса в группе пациентов с мягкими грыжами грудного межпозвонкового диска

Table 4. Dynamics of neurological status indicators in a group of patients with soft hernias of the thoracic intervertebral disc

Методы оценки клинического состояния пациентов Methods for assessing the clinical condition of patients	До операции Before surgery	После операции на 1-е сутки After the operation on the 1 st day	При выписке из стационара Upon discharge from the hospital	На контрольном осмотре At the follow-up
Шкала mJOA, баллы mJOA scale, points	12,3/12,5 (10,2; 14)	12,2/12 (10,2; 14)	12,4/12,5 (10,2; 14,8)	12,1/13 (10,2; 13)
Шкала EMS, баллы EMS, points	13,5/13,5 (12; 15)	13,4/13,5 (12; 15)	13,5/13,5 (12; 15)	13,2/12,5 (12; 14,8)
Шкала Ashworth, баллы Ashworth scale, points	1,7/2 (1,2; 2)	1,7/2 (1,2; 2)	1,4/1,5 (1; 2)	1,1/1 (1; 1,8)
Шкала Nurick, баллы Nurick scale, points	3,4/4 (2,2; 4)	3,4/4 (2,2; 4)	3,4/4 (2,2; 4)	3,5/4 (3; 4)
Нарушение функции тазовых органов, ед. Pelvic floor dysfunction, number of patients	6	6	6	5

Клиническая картина в позднем послеоперационном периоде

При обследовании пациентов в катамнезе отмечено статистически значимое улучшение их состояния в виде снижения степени спастичности в конечностях по шкале Ashworth ($p < 0,05$): при исходных показателях 1,4/2 (1; 2) за период наблюдения пациенты достигли 1/1 (0; 1) (рис. 8).

При последнем доступном наблюдении общее значение по mJOA снизилось до 12,9/13 (11; 15) (см. рис. 5), по EMS — до 13,9/14 (12; 16). У 7 (33,3 %) пациентов наблюдалось постепенное снижение показателей по mJOA и EMS в позднем послеоперационном периоде, у 5 пациентов — относительно умеренное снижение показателей (у 3 пациентов на 1 балл и у 2 пациентов на 2 балла соответственно). У 2 пациентов наблюдалось выраженное снижение показателей по mJOA и EMS

на 4 балла по сравнению с дооперационным уровнем (табл. 3–5).

По результатам оценки функционального статуса по шкале Nurick не наблюдалось значимого изменения показателей в позднем послеоперационном периоде (см. табл. 3–5 и рис. 9).

Анализ показал ухудшение клинических результатов у пациентов, которые имели сопутствующую патологию позвоночника (рис. 10). Стоит подчеркнуть, что по данным неврологического осмотра до операции ведущую роль в развитии клинической картины играла именно ГМД, а не сопутствующее заболевание.

В позднем периоде наблюдения у 10 (47,6 %) пациентов неврологический статус остался на дооперационном уровне, а у 4 (19,1 %) — наблюдалась положительная динамика. Таким образом, удовлетворительного



Рис. 7. Динамика неврологического статуса у пациентов по шкале Frankel. Период наблюдения: 0 — до операции; 1 — на 1-е сутки после операции; 2 — при выписке из стационара; 3 — на контрольном осмотре

Fig. 7. Dynamics of neurological status in patients according to the Frankel scale. Follow-up period: 0 — before surgery; 1 — on the 1st day after the operation; 2 — upon discharge from the hospital; 3 — at the control examination

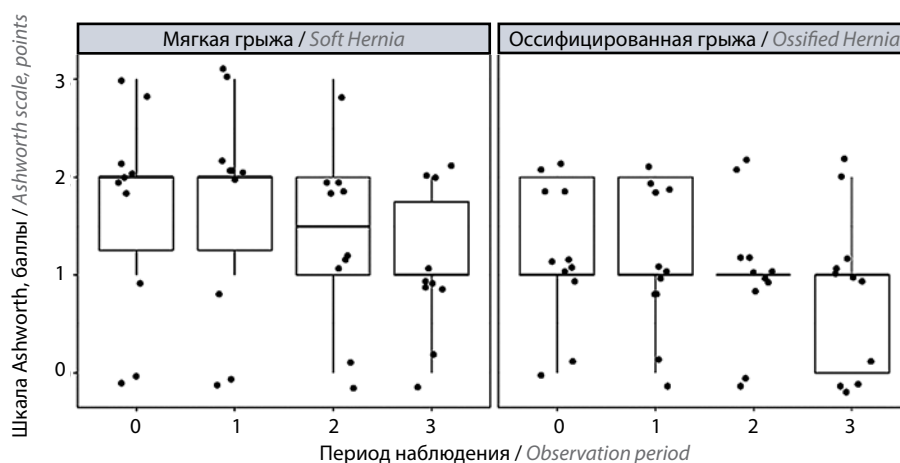


Рис. 8. Динамика показателей спастичности у пациентов по шкале Ashworth. Период наблюдения: 0 — до операции; 1 — на 1-е сутки после операции; 2 — при выписке из стационара; 3 — на контрольном осмотре

Fig. 8. Dynamics of spasticity indicators in patients according to the Ashworth scale. Follow-up period: 0 — before surgery; 1 — on the 1st day after the operation; 2 — upon discharge from the hospital; 3 — at the control examination



Рис. 9. Динамика нарушений передвижения у пациентов по шкале Nurick. Период наблюдения: 0 – до операции; 1 – на 1-е сутки после операции; 2 – при выписке из стационара; 3 – на контрольном осмотре

Fig. 9. Dynamics of movement disorders in patients according to the Nurick scale. Follow-up period: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

Таблица 5. Динамика показателей неврологического статуса в группе пациентов с осцифицированными грыжами грудного межпозвонкового диска

Table 5. Dynamics of neurological status indicators in a group of patients with ossified herniated thoracic intervertebral disc

Методы оценки клинического состояния пациентов Methods for assessing the clinical condition of patients	До операции Before surgery	После операции на 1-е сутки After the operation on the 1 st day	При выписке из стационара Upon discharge from the hospital	На контрольном осмотре At the follow-up
Шкала mJOA, баллы mJOA scale, points	14,4/15 (13,5; 15)	13,8/14 (13,5; 15)	14,1/15 (13,5; 15)	13,5/14 (12; 15)
Шкала EMS, баллы EMS, points	15,2/15 (15; 16)	14,5/15 (14; 16)	14,9/15 (14,5; 16)	14,5/15 (12,5; 16)
Шкала Ashworth, баллы Ashworth scale, points	1,2/1 (1; 2)	1,2/1 (1; 2)	1/1 (1; 1)	0,8/1 (0; 1)
Шкала Nurick, баллы Nurick scale, points	2,2/2 (2; 2)	2,9/2 (2; 4)	2,5/2 (2; 2,5)	2,8/2 (2; 4)
Нарушение функции тазовых органов, ед. Pelvic floor dysfunction, number of patients	3	3	3	4

результата оперативного лечения удалось достичь у 14 (66,7 %) пациентов (см. табл. 3–5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие грудной миелопатии при ГГМД является показанием к хирургическому вмешательству. Описано несколько хирургических методов декомпрессии грудного отдела спинного мозга. Первым и наиболее широко используемым доступом является классический задний доступ, включающий ламинэктомию и микрохирургическую дискэктомию [10]. Поскольку при этом доступе высок риск повреждения как ТМО, так и спинного мозга, задняя хирургия при ГГМД не считается «золотым» стандартом хирургического лечения. Помимо этого, существует латеральный доступ, представляющий собой ретроплевральную костотрансверсэктомию [11]. Этот доступ обеспечивает

большой по сравнению с задней хирургией обзор, однако в связи с его травматичностью в настоящее время он не используется. В статье мы уделили внимание методу VATS как наиболее часто применяемому в нашей клинике для выполнения дискэктомии у пациентов с ГГМД. Стоит учесть, что на выбор хирургического подхода влияет как расположение грыжи диска (центральное или латеральное), предполагаемый характер грыжи (осцифицированная или мягкая), так и тяжесть клинических симптомов и толерантность пациента в отношении оперативного вмешательства [10].

Основной предмет нашего исследования – грудная миелопатия. У всех наших пациентов были проявления грудной миелопатии, у 17 (81 %) больных данные симптомы стали первым проявлением заболевания. В нашем исследовании наиболее частым неврологическим симптомом был нижний парапарез, нарушения

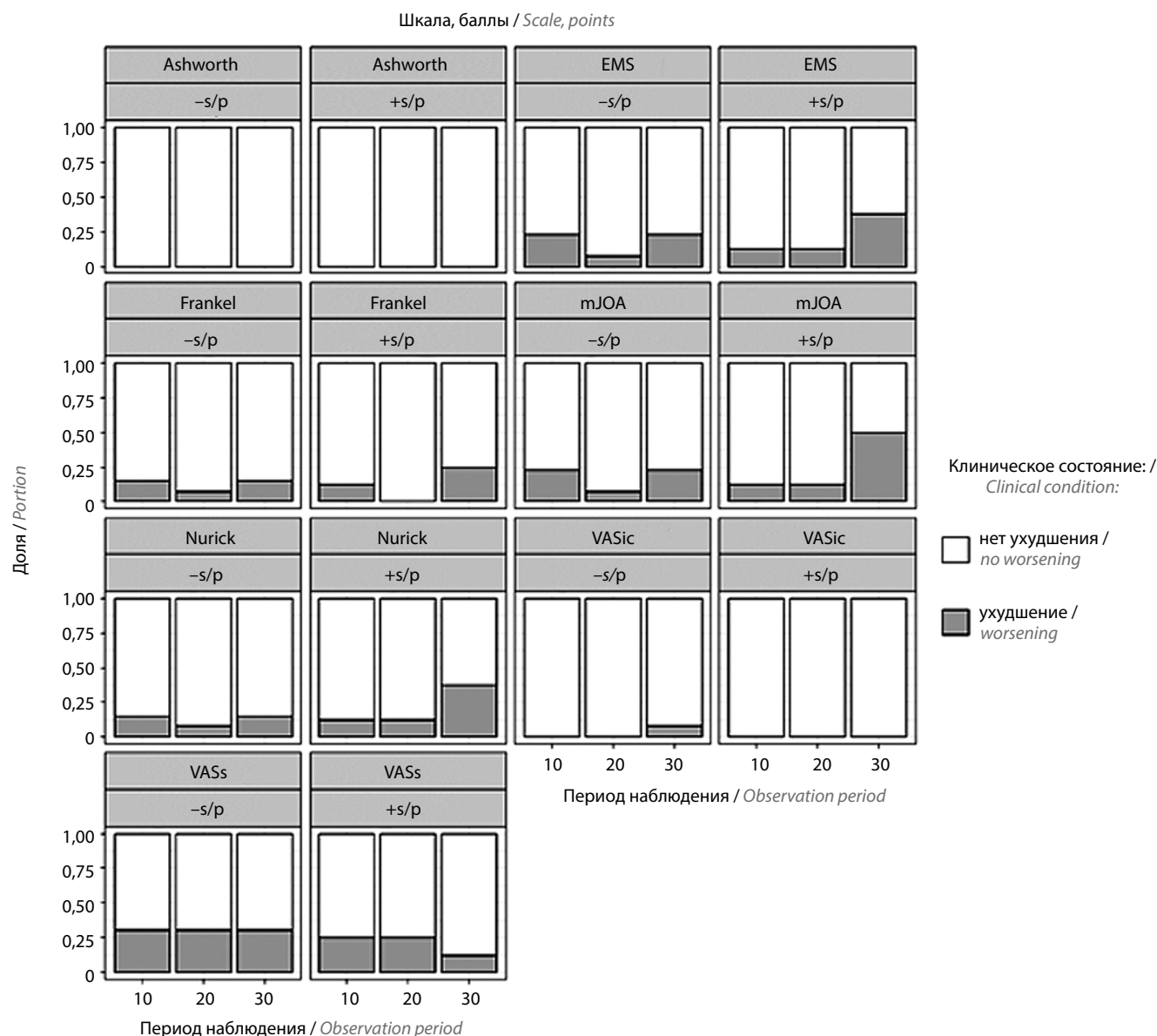


Рис. 10. Динамика показателей исследуемых шкал у пациентов, разделенных на группы с сопутствующей спинальной патологией и без нее: s/p – спинальная патология на другом уровне; «–/+» – отсутствие/наличие. Периоды наблюдения: 10 – на 1-е сутки после операции по сравнению с дооперационным периодом; 20 – при выписке из стационара; 30 – на контрольном осмотре). VASic – визуальная аналоговая шкала боли у пациентов в межреберье; VASs – визуальная аналоговая шкала боли у пациентов в спине

Fig. 10. Dynamics of indicators of the studied scales in patients divided into groups with and without concomitant spinal pathology: s/p – spinal pathology at a different level; “–/+” – absence/presence. Observation periods: 10 – on the 1st day after the operation compared with the preoperative period; 20 – at discharge from the hospital; 30 – at the follow-up examination. VASic – visual analog scale of pain in patients in the intercostal space; VASs – visual analog scale for back pain

функций тазовых органов встретились у 42,9 % пациентов. В исследовании U. Quint и соавт. у 60 % пациентов отмечен неврологический дефицит, у 37 % – моторный дефицит, который дебютировал за 1,5 года до операции [5]. В нашем исследовании время от появления симптомов до хирургического лечения составило 1,9 года.

Стоит отметить, что клиническая симптоматика ГГМД без хирургического лечения чаще всего прогрессивно усугубляется и в результате компрессионно-ишемического воздействия грыжевого выпячивания

на спинной мозг развивается миелопатия. В исследовании U. Quint и соавт. у 89 % пациентов имелось нарастание неврологического дефицита в динамике на контрольных осмотрах [5].

В результате анализа источников литературы А.Е. Симонович не выявил неоспоримых преимуществ какого-либо из хирургических методов для удаления ГГМД. У любого из доступов, по данным разных авторов, имеются схожие результаты клинических исходов [12].

В связи с наличием сопоставимых результатов при каждом виде хирургии ГГМД все большее развитие

получают эндоскопические техники. К преимуществам VATS А.А. Гринь и соавт. относят малую травматичность доступа, меньший риск развития послеоперационного болевого синдрома и осложнений по сравнению с открытыми вмешательствами, а также сокращение периода госпитализации [13]. Безусловно, на фоне имеющихся преимуществ данная методика обладает и явными недостатками. По мнению А.А. Гриня и соавт., к основным отрицательным свойствам VATS причисляют сложность ушивания ТМО при ее разрыве, риск неконтролируемого кровотечения, высокую стоимость эндоскопического оборудования и отсутствие бинокулярного поля обзора [13]. При использовании передних доступов, к которым относится и видеоторакоскопическая дискэктомия, высока вероятность развития серьезных легочных осложнений [12]. В нашем исследовании частота клинически значимых осложнений со стороны дыхательной системы составила 14,3 %, что сопоставимо с результатами других исследований.

В 1991 г. R.J. Lewis впервые выполнил видеоторакоскопическую дискэктомию, а в 1993 г. J.J. Regan и соавт. сообщили об эффективности данного метода в исследовании, включившем 29 случаев [14].

S. Ayhan и соавт. сообщили о результатах VATS в группе из 27 пациентов с проявлениями грудной миелопатии: улучшения по классификации уровня и степени тяжести травмы спинного мозга Американской ассоциации травм позвоночника (American Spinal Injury Association, ASIA) отмечены у 44,4 % пациентов, у 7,4 % больных состояние ухудшилось, а у 48 % не изменилось. Стоит отметить, что у 11 из 13 пациентов без улучшения уже в предоперационном периоде имела степень Е по классификации ASIA. Кроме того, в данной работе авторы отметили клиническое улучшение по шкале Nurick — на дооперационном уровне пациенты имели 2,5 балла, а после операции — до 1,4 [6].

В нашем исследовании использован большой набор оценочных шкал, которые позволили продемонстрировать стабилизацию или улучшение состояния в раннем послеоперационном периоде у 85,7 % пациентов. Полученные результаты позволяют говорить о том, что трансторакальное удаление ГГМД является эффективным методом лечения пациентов с данным заболеванием.

Результаты исследований, касающихся данной проблемы, позволяют предположить, что клиническая картина, обусловленная даже длительной компрессией спинного мозга грыжей межпозвонкового диска

на грудном уровне, может иметь положительную динамику в отдаленном периоде после хирургии ГГМД. Согласно работе U. Quint и соавт., клинические результаты, полученные через год, кажутся окончательными, и по истечении этого времени возможность восстановления нервных функций достигает своего предела [5].

Малое время госпитализации и невыраженная боль в месте оперативного вмешательства в сочетании с хорошим клиническим эффектом создают высокую субъективную удовлетворенность пациентов после трансторакальной дискэктомии. N. Anand и соавт. получили 83,8 % хороших отзывов от пациентов за 2 года наблюдения в послеоперационном периоде [2]. U. Quint и соавт. сообщают о 78 % пациентов, удовлетворенных результатом вмешательств [5], при этом все пациенты имели хорошие и отличные клинические исходы.

Важным аспектом при выборе вида вмешательства является частота осложнений при трансторакальном доступе. По данным U. Quint и соавт., частота осложнений составила 15,6 % и была схожа с частотой осложнений при хирургии ГГМД, проведенной из заднего доступа [5]. В своих публикациях N. Anand и соавт. [2] и R.J. Oskouian и соавт. [4] описали похожую частоту осложнений видеоторакоскопической микродискэктомии — 21 и 24 % соответственно.

В нашей публикации частота всех осложнений составила 33,3 %, что несколько выше, чем в аналогичных работах, однако лишь в 1 (4,8 %) случае осложнение привело к значительному ухудшению состояния пациента.

С учетом нашего опыта и результатов, указанных в публикациях по данной проблеме, трансторакальное удаление ГГМД представляется нам эффективным и безопасным методом лечения, который позволяет устранить стеноз позвоночного канала и стабилизировать клиническое состояние пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По нашим данным, у пациентов с грыжами на грудном уровне позвоночника, сопровождающимися развитием грудной миелопатии, наблюдались стабилизация или уменьшение клинических проявлений поражения спинного мозга после трансторакального лечения в 85,7 % случаев. В связи с этим передний трансторакальный эндоскопический доступ для удаления ГГМД представляется эффективным и достаточно безопасным методом хирургического лечения спондилогеной грудной миелопатии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Kerezoudis P., Rajjoub K.R., Goncalves S. et al. Anterior *versus* posterior approaches for thoracic disc herniation: Association with postoperative complications. *Clin Neurol Neurosurg* 2018;167:17–23. DOI: 10.1016/j.clineuro.2018.02.009
2. Anand N., Regan J.J. Video-assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease: Classification and outcome study of 100 consecutive cases with a 2-year minimum follow-up period. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(8):871–9. DOI: 10.1097/00007632-200204150-00018
3. Lewis R.J., Caccavale R.J., Sisler G.E. Special report: video-endoscopic thoracic surgery. *N J Med* 1991;88(7):473–5. PMID: 1891124
4. Oskoui R.J., Johnson J.P., Regan J.J. Thoracoscopic Microdiscectomy. *Neurosurgery* 2002;50(1):103–9. DOI: 10.1097/00006123-200201000-00018
5. Quint U., Bordon G., Preissl I. et al. Thoracoscopic treatment for single level symptomatic thoracic disc herniation: a prospective followed cohort study in a group of 167 consecutive cases. *Eur Spine J* 2012;21(4):637–45. DOI: 10.1007/s00586-011-2103-0
6. Ayhan S., Nelson C., Gok B. et al. Transthoracic surgical treatment for centrally located thoracic disc herniations presenting with myelopathy: a 5-year institutional experience. *J Spinal Disord Techn* 2010;23(2):79–88. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318198cd4d
7. Слынько Е.И., Золотоверх А.М., Гурина И.И., Терницкая Ю.П. Особенности компьютерной томографии при планировании хирургического лечения грыж грудного отдела позвоночника. *Украинский нейрохирургический журнал* 2011;1:56–9. Slynko E.I., Zolotoverkh A.M., Gurina I.I., Ternitskaya Yu.P. Features of computed tomography when planning surgical treatment of hernias of the thoracic spine. *Ukrainskij nejroxirurghicheskij zhurnal = Ukrainian Neurosurgical Journal* 2011;1:56–9. (In Russ.)
8. Гринь А.А., Ощепков С.К., Кайков А.К., Крылов В.В. Видео-эндоскопическая хирургия повреждений и заболеваний грудного и поясничного отделов позвоночника / Под ред. В.В. Крылова. М.: Принт-Студио, 2012. 152 с. Grin A.A., Oshepkov S.K., Kaikov A.K., Krylov V.V. Video endoscopic surgery of injuries and diseases of the thoracic and lumbar spine / Ed. by V.V. Krylov. M.: Print Studio, 2012. 152 p.
9. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. (Electronic resource). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021.
10. Court C., Mansour E., Bouthors C. Thoracic disc herniation: Surgical treatment. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104(1):S31–S40. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.04.022
11. Foreman P.M., Naftel R.P., Moore T.A. 2nd, Hadley M.N. The lateral extracavitary approach to the thoracolumbar spine: a case series and systematic review. *J Neurosurg Spine* 2016;24(4):570–9. DOI: 10.3171/2015.6.SPINE15169
12. Симонович А.Е. Хирургия грыж грудных межпозвонковых дисков: систематический обзор англоязычной литературы. *Хирургия позвоночника* 2019;16(1):70–80. DOI: 10.14531/ss2019.1.70-80 Simonovich A.E. Surgery of herniated thoracic intervertebral discs: a systematic review of the English literature. *Xirurgiya pozvonochnika = Spine Surgery* 2019;16(1):70–80. (In Russ.) DOI: 10.14531/ss2019.1.70-80
13. Гринь А.А., Жестков К.Г., Кайков А.К. и др. Видеоторакоскопические операции при травмах и заболеваниях грудного отдела позвоночника. *Нейрохирургия* 2010;3:36–44. Grin A.A., Zhestkov K.G., Kaikov A.K. et al. Videothoracoscopic operations for injuries and diseases of the thoracic spine. *Nejroxirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2010;3:36–44. (In Russ.)
14. Regan J.J., Ben-Yishay A., Mack M.J. Video-assisted thoracoscopic excision of herniated thoracic disc: description of technique and preliminary experience in the first 29 cases. *J Spinal Disord* 1998;11(3):183–91. PMID: 9657540.

Вклад авторов

Ю.Е. Кубецкий: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка данных, написание текста статьи;
 Е.Д. Анисимов: получение, обработка и анализ данных, написание текста статьи;
 Р.В. Халепа, В.В. Кельмаков, Е.А. Лопарев: анализ данных, редактирование статьи;
 Е.В. Амелина: статистическая обработка данных;
 Д.А. Рзаев: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи.

Authors' contributions

Yu.E. Kubetsky: research concept and design, data collection and processing, article writing;
 E.D. Anisimov: receiving, processing and analyzing data, article writing;
 R.V. Khalepa, V.V. Kelmakov, E.A. Loparev: data analysis, text editing;
 E.V. Amelina: statistical data processing;
 D.A. Rzaev: research concept and design, text editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

Ю.Е. Кубецкий / Yu.E. Kubetsky: <https://orcid.org/0000-0002-7810-3531>
 Е.Д. Анисимов / E.D. Anisimov: <https://orcid.org/0000-0003-1858-3745>
 Р.В. Халепа / R.V. Khalepa: <https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>
 Е.А. Лопарев / E.A. Loparev: <https://orcid.org/0000-0001-5006-5214>
 Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>
 Е.В. Амелина / E.V. Amelina: <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>
 В.В. Кельмаков / V.V. Kelmakov: <https://orcid.org/0000-0002-2128-874X>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

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

Informed consent. Patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 20.08.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 20.08.2022. Accepted for publication: 26.01.2023.

ОЦЕНКА СЕБЕСТОИМОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ОСЛОЖНЕННОЙ ТРАВМОЙ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА В УСЛОВИЯХ МНОГОПРОФИЛЬНОГО СТАЦИОНАРА

А.Ю. Кордонский¹, А.Ю. Перминов¹, Н.С. Фоменко¹, А.Р. Самарин¹, В.А. Хамурзов¹, К.В. Грецких¹, А.А. Гринь^{1,2}

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

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

Контакты: Антон Юрьевич Кордонский akord.neuro@mail.ru

Введение. Резкий рост расходов на лечение пациентов с позвоночно-спинальной травмой (ПСТ) связан с принятой в настоящее время активной хирургической тактикой, а также с использованием новых технологий, более дорогостоящих имплантов и расходных материалов. До настоящего времени не разработан стандартизированный метод расчета затрат на лечение пациентов, что может в перспективе привести к неверной оценке экономической эффективности той или иной стратегии лечения.

Цель исследования – проанализировать себестоимость процессов диагностики и лечения пациентов с ПСТ грудного и/или поясничного отделов позвоночника на базе многопрофильного скоромошного стационара.

Материалы и методы. Исследование проводили в 2018–2021 гг. на базе Клиники неотложной нейрохирургии ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», для чего сформировали рабочую группу из врачей нейрохирургического отделения. Была составлена модель лечебно-диагностического процесса с отражением всех его ресурсных характеристик, в которую вошли 1) разработка модифицированной оперограммы лечебно-диагностического процесса, 2) трансформация оперограммы в технологическую карту, 3) сравнение полученных характеристик процесса диагностики и лечения пациентов с ПСТ с соответствующими фактическими данными и коррекция оперограммы.

Результаты. Оперограмма включала 136 шагов процесса от момента поступления пациента с ПСТ в приемное отделение до момента его выписки (хирургическое вмешательство является 77-м шагом), а также отражала взаимодействие 38 участников процесса и учитывала многообразие возможных методов и тактик лечения с учетом усредненной частоты их применения. На основе разработанной модели процесса подготовлена технологическая карта, которая консолидировала сводные количественные параметры по всем ключевым ресурсным характеристикам процесса. Выводы. Больничные затраты (нормативная себестоимость) на лечение пациента с изолированной осложненной ПСТ на уровне грудного и/или поясничного отделов позвоночника в специализированном стационаре равняются 600 652,41 руб., что превышает размер выплат по существующим тарифам в 1,7–2,7 раза. В общей сумме затрат расходы на хирургическое вмешательство составляют 48,7 %.

Ключевые слова: себестоимость лечения, осложненная травма грудного и поясничного отделов позвоночника, технологическая карта, оперограмма, порядок оказания медицинской помощи, расходы на лечение.

Для цитирования: Кордонский А.Ю., Перминов А.Ю., Фоменко Н.С. и др. Оценка себестоимости лечения пациентов с осложненной травмой грудного и поясничного отделов позвоночника в условиях многопрофильного стационара. Нейрохирургия 2023;25(2):41–59. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-41-59

Determination of the cost of treatment of patients with complicated spinal injury at the thoracic and lumbar levels in a multidisciplinary hospital

A.Yu. Kordonsky¹, A. Yu. Perminov¹, N.S. Fomenko¹, A.R. Samarina¹, V.A. Khamurzov¹, K.V. Gretsikh¹, A.A. Grin^{1,2}

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

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia

Contacts: Anton Yurievich Kordonsky akord.neuro@mail.ru

Introduction. The dramatic increase in the cost of treating patients with spinal cord injury is associated with the currently accepted active surgical tactics, as well as the use of new technologies, more expensive implants. Currently, a standardized method for calculating the costs of treating patients has not been developed, which may in the future lead to an incorrect assessment of the economic effectiveness of a particular treatment strategy.

Aim. To assess the cost of diagnosis and treatment of patients with spinal injury of the thoracic and/or lumbar spine in a multidisciplinary emergency hospital. **Materials and methods.** The study was carried out in the Clinic of Emergency Neurosurgery of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department during 2018–2021. A working group was formed from the doctors of the neurosurgical department. Further, a model of the therapeutic and diagnostic process was compiled with a reflection of all its characteristics: 1) compilation of a modified operogram, 2) transformation of the operogram into a technological map, 3) comparison of the obtained characteristics of the process of diagnosis and treatment of patients with spinal injury with actual data, correction.

Results. The operogram included 136 steps of the process from the moment of admission of a patient with spinal injury to the emergency department to the moment of discharge (surgery is the 77th step), and also reflected the interactions of 38 participants in the process and took into account the variety of possible methods and tactics of treatment, taking into account the average frequency of their use. Based on the developed process model, a technological map was prepared, which combined quantitative parameters for all key resource characteristics of the process.

Conclusions. Hospital costs for the treatment of a patient with isolated complicated spinal injury at the level of the thoracic and lumbar spine in a specialized hospital amount to 600,652.41 rubles. Out of the total amount of expenses, surgical intervention costs amount to 48.7 %.

Keywords: cost of treatment, injury of the thoracic and lumbar spine, technological map, operogram, law on medical care, treatment costs.

For citation: Kordonsky A.Yu., Perminov A.Yu., Fomenko N.S. et al. Determination of the cost of treatment of patients with complicated trauma of the thoracic and lumbar spine in a multidisciplinary hospital. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):41–59. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-41-59

ВВЕДЕНИЕ

Травма позвоночника и спинного мозга (позвоночно-спинальная травма, ПСТ) — одна из основных причин заболеваемости и смертности во всем мире — часто возникает у молодых работоспособных людей [1]. Существенные финансовые затраты на лечение пациентов с ПСТ повышают интерес к анализу экономической эффективности различных стратегий лечения в направлении повышения качества лечения при одновременной оптимизации затрат на оказание медицинской помощи [2]. Резкий рост расходов на лечение пациентов с ПСТ связан с принятой в настоящее время активной хирургической тактикой, а также с использованием новых технологий: специальные хирургические столы, аппараты интраоперационной компьютерной томографии (КТ) и рентгенографии, робототехника, а также более дорогостоящих имплантов и расходных материалов [3].

В течение последнего десятилетия в центре внимания были исследования экономической эффективности в хирургии позвоночника, хотя и касались они главным образом хирургии дегенеративных поражений [2]. До настоящего времени не разработан стандартизированный метод расчета затрат на лечение пациентов, что в перспективе может стать причиной неверной оценки экономической эффективности той или иной стратегии лечения [4].

Среди затрат, которые требуются для лечения ПСТ, можно выделить 2 вида:

- 1) больничные затраты, связанные с оказанием стационарной или амбулаторной медицинской помощи, включая хирургическое вмешательство;

- 2) общественные (социальные) затраты, возникающие из-за утраты дохода в связи с невыполнением пациентом профессиональных обязанностей или снижением его производительности вследствие инвалидности. К ним также относят социальные выплаты по инвалидности, затраты на медикаменты и реабилитационные мероприятия, оплату персонала, ухаживающего за инвалидом.

Учет социальных затрат может в значительной мере приблизить к пониманию истинной стоимости лечения пациентов с ПСТ, однако расчет этого показателя сложен и полученные результаты могут быть очень вариabельными. Так, Н. Krueger и соавт. [5] показали, что социальные затраты на одного человека с осложненной ПСТ колеблются от 1,5 млн (при парапарезе) до 3,0 млн (при тетраплегии) долл. США. Поэтому большинство исследователей занимается расчетом лишь больничных затрат, получая при этом существенно более узкий диапазон значений. Например, в исследовании В.Р. Vaikuntam и соавт. [6] медиана больничных затрат на пациента составила 45473 австралийских долл. (межквартильный диапазон: 15 535–94 612 долл.), в исследовании С.Н. Merritt и соавт. — 142 366 долл. США [7]; при этом средние затраты только на хирургическое вмешательство находились в пределах от 3550 [8] до 5330 долл. США [9].

В данном исследовании авторами осуществлен анализ больничных затрат на диагностику и лечение пациентов с ПСТ.

Цель исследования — оценка себестоимости диагностики и лечения пациента с ПСТ грудного и/или

поясничного отделов позвоночника на базе многопрофильного стационара.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в 2018–2021 гг. на базе Клиники неотложной нейрохирургии ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы» (НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ), для чего была сформирована рабочая группа из врачей нейрохирургического отделения НИИ. При проведении исследования использован авторский организационно-методический подход к описанию и нормированию лечебно-диагностических процессов [10, 11]. В качестве методической основы подхода применялась разработанная авторами методика моделирования процессов в виде модифицированной оперограммы, учитывающей специфику деятельности медицинского учреждения и позволяющей максимально подробно описать логику лечебно-диагностического процесса (ЛДП) и его ресурсные характеристики. Организационная схема подхода (рис. 1) представляет собой последовательность шагов, позволяющих создать корректное описание ЛДП с высокой степенью детализации, что является важнейшим фактором для корректного расчета себестоимости лечебно-диагностического процесса [10].

На первом этапе была составлена модифицированная оперограмма ЛДП [10]. Базовыми характеристиками модели пациента были приняты:

- возрастная категория — взрослые;

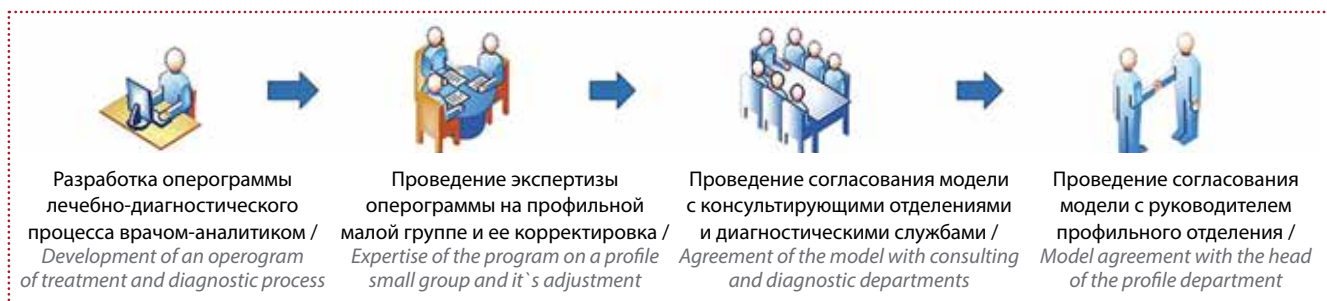
- вид медицинской помощи — специализированная;
- форма оказания медицинской помощи — экстренная, неотложная;
- коды диагнозов по Международной классификации болезней (МКБ-10): S12 — S24, S32 — S34 (травма на уровне грудного и/или поясничного отделов позвоночника);
- выполнение хирургического вмешательства — в срок не позднее 3 сут с момента получения травмы;
- нормативная длительность лечебно-диагностического процесса — 16 койко-дней;
- лечение пациентов — за счет средств федерального бюджета или фонда обязательного медицинского страхования (ОМС).

При разработке модели процесса не учитывались данные пациентов с тяжелой сочетанной или комбинированной травмой, развитием осложнений любого рода, а также с тяжелой коморбидностью, требующей углубленного дообследования, консультаций сторонних специалистов и назначения дополнительных лекарственных препаратов.

Для определения трудозатрат на осуществление действий ЛДП использовались такие инструменты, как картирование и хронометраж; для оценки трудозатрат участвующих в лечении смежных специалистов — лаборантов и медицинских сестер, врачей-диагностов, врачей-консультантов и др. — последние привлекались для составления оперограммы [12].

На втором этапе оперограмму трансформировали в технологическую карту, содержащую ресурсные характеристики процесса. Составленная максимально

Разработка и согласование моделей лечебно-диагностических процессов / Development and agreement of models of treatment and diagnostic process)



Формирование сводной таблицы ресурсных характеристик лечебно-диагностического процесса / Creation of a summary table of resource characteristics of treatment and diagnostic process



Рис. 1. Схема организации работы по описанию и нормированию лечебно-диагностических процессов

Fig. 1. The scheme of the organization of work on the description and standartisation of treatment and diagnostic processes

подробно оперограмма стала основой для формирования таблицы сводных ресурсных характеристик (технологической карты ЛДП), учитывающей все необходимые ресурсы (трудозатраты, расходные материалы, медикаменты, инструментарий и оборудование, помещения) в обоснованном составе и количестве [10]. На основе составленной таким образом технологической карты с учетом цен на используемые в рамках ЛДП ресурсы производится расчет полной нормативной себестоимости лечебно-диагностического процесса по стандартным группам затрат (оплата труда участвующего в ЛДП персонала, затраты на медикаменты и расходные материалы, амортизация оборудования, накладные расходы и др.).

Ключевым фактором эффективности применяемого организационно-методического подхода является то, что оперограммы и технологические карты ЛДП разрабатываются рабочей группой из состава медицинского персонала, наиболее компетентного в описываемом процессе диагностики и лечения пациента по нозологии. Это в том числе позволяет максимально оперативно и с минимальными организационными потерями внедрить результаты такого моделирования в реальную деятельность медицинского учреждения.

На третьем этапе проводилось сравнение полученных таким образом характеристик процесса диагностики и лечения пациентов с ПСТ с фактическими данными, в том числе содержащихся в Единой медицинской информационно-аналитической системе (ЕМИАС). Каждый случай существенных расхождений, выявленный по результатам проведенного сопоставления, был проанализирован членами рабочей группы. В ходе такого анализа рассматривались наиболее вероятные причины выявленного расхождения и принималось решение о необходимости корректировки нормативного значения на основе фактических данных.

Таким образом, проведенную работу можно считать ретроспективным когортным исследованием с уровнем доказательности С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Составленная участниками рабочей группы и приглашенными консультантами оперограмма включала 136 шагов процесса от момента поступления пациента с ПСТ в приемное отделение Института до момента выписки (хирургическое вмешательство является 77-м шагом), а также отражала взаимодействие 38 участников процесса и учитывала многообразие возможных методов и тактик лечения, применяемых в клинике неотложной нейрохирургии с учетом усредненной частоты их применения (табл. 1). Основными принципами для составления модифицированной оперограммы были максимальная полнота и детальность описания всех действий процесса и учет всех участников процесса (не только врачей лечебного отделения,

но и диагностических служб, отделений восстановительного лечения, среднего медицинского персонала, принимающих участие в ЛДП). В оперограмме отражены трудозатраты каждого участника на выполнение действий процесса, используемые медикаменты и расходные материалы с учетом их количества, оборудование и помещения для них с учетом времени использования.

Например, действие по 1-му шагу процесса («Провести первичный осмотр пациента в отделении») выполняет врач-нейрохирург (3-е по счету действующее лицо согласно оперограмме), затрачивая при этом в среднем 20 мин с частотой и кратностью 1, поскольку первичный осмотр необходимо выполнить однократно. Далее стрелкой обозначен переход к действию («Назначить консервативное лечение»), которое также выполняет лечащий врач за 5 мин. Следующее действие («Выполнить назначения по лекарственной терапии») предназначено непосредственно для постовой и процедурной медицинских сестер, поэтому стрелками обозначен переход ЛДП к ним. Независимо от работы сестер лечащий врач назначает необходимые инструментальные методы исследования, поэтому 3-я стрелка указывает параллельное действие лечащего врача к процессу под № 4.

На основе разработанной модели процесса «Диагностика и лечение пациента с позвоночно-спинальной травмой» рабочей группой подготовлена технологическая карта процесса по формату, установленному приказом Минздрава России от 13 октября 2017 г. № 804н «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг» и Тарифным соглашением на оплату медицинской помощи, оказываемой по Территориальной программе обязательного медицинского страхования города Москвы на 2022 г. [13]. В ней консолидированы сводные количественные параметры по всем ключевым ресурсным характеристикам ЛДП. Технологическая карта состоит из 2 частей: учета затрат медицинского персонала (табл. 2) и учета использования изделий медицинского назначения (табл. 3).

В рамках исследования рабочей группой также разработаны технологические карты по видам хирургических вмешательств (удаление травматической грыжи межпозвонкового диска, вертебропластика, корпорэктомия с эндопротезированием, транспедикулярная фиксация позвоночника, декомпрессивная ламинэктомия с транспедикулярной фиксацией), применяемых при лечении пациентов с ПСТ. В итоговой модели отражены ключевые ресурсные характеристики (трудозатраты, необходимые для осуществления каждого действия; число медикаментов и расходных материалов по каждому действию процесса; время использования оборудования и инструментария, а также помещений, в которых проводятся соответствующие манипуляции). Подобная модель отражает внутренний стандарт «идеального» (нормативного) процесса

диагностики и лечения пациента в условиях существующих в стационаре временных и ресурсных ограничений, что в итоге позволяет провести оценку нормативной себестоимости такого процесса. Для проверки адекватности произведенных рабочей группой предварительных оценок частот назначения лабораторных и инструментальных исследований проведено их сопоставление с фактическими данными из ЕМИАС по пациентам, соответствующим выбранной модели.

Разработанные членами рабочей группы оперограммы и технологические карты прошли многоуровневую экспертизу внутреннего медицинского сообщества Института, в частности, были согласованы:

- с врачами профильного отделения, не входящими в состав рабочей группы;
- заведующими и научными руководителями профильных отделений;
- заведующими смежных отделений и руководителями диагностических служб, участвующих в ЛДП;
- представителями службы главного врача.

На основе количественных параметров ЛДП, отраженных в технологических картах и оперограмме, произведен расчет полной нормативной себестоимости процесса диагностики и лечения пациента с осложненной ПСТ на грудном и/или поясничном уровне, включающей в себя фонд оплаты труда медицинского персонала, затраты на медикаменты и расходные материалы, затраты на питание, техническое обслуживание оборудования, амортизацию, а также косвенные затраты.

В рамках данного исследования авторы определили нормативную себестоимость ЛДП для НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ: средние больничные затраты на лечение пациента с ПСТ на грудном и поясничном уровнях составляют 600 652,41 руб. Как следует из технологической карты, в расчет включены затраты на оплату труда, медикаментов и расходных материалов, питание, коммунальные услуги, консультирование и хирургическое вмешательство. Объем расходов по каждой из указанных позиций можно оценить по времени, затраченному каждым из участников процесса (для медицинского персонала), и фактической стоимости ресурсов (для питания, медикаментов и расходных материалов). Анализ показал, что 80,2 % затрат на диагностику и лечение пациента составляют фонд оплаты труда задействованного персонала и стоимость расходных материалов (рис. 2). При этом в структуре затрат на расходные материалы более 90 % занимают подготовка и проведение хирургических вмешательств. Это определяет высокую ресурсоемкость рассматриваемого ЛДП и представляет ключевые направления дальнейшего анализа и оптимизации. Прочие расходы включают медикаменты (2,74 %), питание (0,54 %), техническое обслуживание (3,81 %) и амортизацию оборудования (0,95 %) и коммунальные платежи на содержание койки (11,81 %).

Действующий подход к формированию тарифов ОМС в РФ основывается на определении нормативной себестоимости ЛДП, т.е. на расчете себестоимости лечения некоего усредненного пациента (модели пациента). Однако для расчета тарифа ОМС для определенного субъекта РФ необходимо усреднение затрат между различными медицинскими учреждениями данного субъекта с учетом разнообразия ресурсного оснащения, используемого оборудования и применяемых методов (технологий) диагностики и лечения пациентов. Таким образом, полученный тариф, усредненный для всех медицинских учреждений, имеет определенную погрешность, так как не учитывает специфику конкретного стационара и особенности лечения конкретного пациента.

В РФ порядок оказания медицинской помощи пациентам с ПСТ на грудном и поясничном уровнях регулируется нормативно-правовыми актами, к которым относятся следующие приказы Минздрава России:

- от 20 декабря 2012 г. № 639н «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при травме позвоночника, спинного мозга и нервов спинного мозга»;
- от 24 декабря 2012 г. № 1457н «Об утверждении стандарта скорой медицинской помощи при травме позвоночника»;
- от 1 июля 2015 г. № 407абн «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при переломе грудного отдела позвоночника, вывихе, растяжении и повреждении капсульно-связочного аппарата на уровне груди»;
- от 1 июля 2015 г. № 407ан «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при травмах пояснично-крестцового отдела позвоночника и костей таза».

В перечисленных документах описан лечебный процесс с указанием частоты и кратности предоставления медицинских услуг, дан перечень лекарственных препаратов, необходимых для лечения по соответствующей нозологии.

Информация о стоимости лечения пациентов с ПСТ содержится в «Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи», принятой Постановлением Правительства Российской Федерации 28 декабря 2021 г. № 2505. В указанном документе раздел I («Перечень видов высокотехнологичной медицинской помощи, включенных в базовую программу обязательного медицинского страхования») касается канала финансирования высокотехнологичной медицинской помощи — ОМС, а раздел II («Перечень видов высокотехнологичной медицинской помощи, не включенных в базовую программу обязательного медицинского страхования, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет субсидий из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования») — канала финансирования высокотехнологичной медицинской помощи (табл. 4).

Таблица 1. Фрагменты левой части оперограммы процесса «Диагностика и лечение пациента с позвоночно-спинальной травмой»
Table 1. Fragments of the left part of the operogram of the process «Diagnosis and treatment of a patient with spinal injury»

№ No	Процесс Process	Руководитель НХО Head of NHO	Заведующий НХО Chief of NHO	Врач-нейрохирург Neurosurgeon	Рентген-лаборант X-ray technician	Врач-рентгенолог Radiologist	Постовая медицинская сестра Post nurse	Процедурная медицинская сестра Procedural nurse	Лаборант КДЛ Laboratory assistant of CDL	Врач КДЛ Doctor of CDL	Врач УЗИ Ultrasonnd doctor	Медицинская сестра кабинета ЭКГ Nurse of the ECG cabinet	Врач функциональной диагностики (ЭКГ) Functional diagnostics doctor (ECG)	Лаборант КТ Laboratory assistant of CT-cabinet	Врач КТ Radiologist (CT-cabinet)	Лаборант МРТ MRI Laboratory assistant	Врач МРТ Radiologist (MRI-cabinet)	Трудозапараты Labor intensity	Частота Frequency	Кратность Multiplicity	Среднее время за случай, мин Average time per case, min
1	Провести первичный осмотр пациента в отделении Initial examination of the patient in the department			x														20	1	1	20
2	Назначить консервативное лечение Prescribe conservative treatment			x														5	1	5	25
3	Выполнить назначения по лекарственной терапии Perform drug therapy appointments						x	x										30	1	16	480
4	Назначить ЭКГ, рентгенографию легких, МРТ и КТ отдела позвоночника, УЗИ вен нижних конечностей, ЭХО-КТ, анализы крови, мочи, ФВД, ЭНМГ Assign an ECG, lung radiography, MRI and CT of the spine, ultrasound of the veins of the lower extremities, echocardiography, blood tests, urine, study of the function of external respiration, electroneuromyography																	5	1	1	5
5	Заполнить форму первичного осмотра ЕМИАС Fill out the Unified Medical information and analytical system Primary inspection form			x														15	1	1	15
6	Выполнить забор крови для анализа с определением группы крови, резус-фактора, фенотипа, антиэритроцитарных антител Perform blood sampling for analysis with determination of blood type, Rh factor, phenotype, antierythrocyte antibodies							x										3	1	1	3
7	Выполнить определение группы крови, резус-фактора Perform the determination of blood group, Rh factor			x														10	1	1	10
8	Выполнить забор крови для определения инфекционных маркеров: HBsAg, антител к трепанемному антигену (ИФА), к HIV, HCV							x										3	1	1	3

Продолжение табл. 1
Continuation of table 1

[illegible]

Continuation of table 1

[illegible]

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО												
SURGICAL TREATMENT												
31	Сформировать предварительный диагноз Formulate a preliminary diagnosis	x	x								5	1 1 5
32	Информировать пациента о результатах исследований и объяснить план лечения Inform the patient about the results of the studies and explain the treatment plan	x									15	1 1 15
33	Зарегистрировать пациента в журналах при переводе из реанимации/оперблока Register the patient in the logs when transferring from the intensive care unit/operating unit		x								10	1 1 10
34	Транспортировать пациента в палату Transport the patient to the hospital room		x								15	1 1 15
35	Выполнить осмотр после операции Perform an examination after the operation	x	x								20	1 1 20
36	Назначение контрольной рентгенографии отдела позвоночника, КТ отдела позвоночника, УЗИ вен нижних конечностей Schedule the control radiography of the spine, CT of the spine, ultrasound of the veins of the lower extremities		x								5	1 1 5
37	Оформить медицинскую документацию Fill out medical documentation	x									40	1 1 40
38	Переложить пациента на каталку Transport the patient to a wheelchair	x	x								2	1 3 6
39	Транспортировать пациента на исследование Transport the patient to the study	x	x								20	1 3 60
40	Выполнить контрольную рентгенографию отдела позвоночника Perform a control radiography of the spine		x								25	0,5 1 12,5
41	Выполнить контрольную КТ отдела позвоночника Perform a control CT scan of the spine										10	0,5 1 5
42	Выполнить УЗИ вен нижних конечностей Perform ultrasound of the veins of the lower extremities										30	1 2 60

Окончание табл. 1

43	Интерпретировать контрольную рентгенографию отдела позвоночника Interpret the control radiography of the spine		20	1	1	20
44	Интерпретировать контрольную КТ отдела позвоночника Interpret the control CT of the spine		30	1	1	30
45	Интерпретировать УЗИ вен нижних конечностей Interpret ultrasound of the veins of the lower extremities		15	1	3	45
46	Выполнить анализ полученных данных Perform analysis of the received data		10	1	1	10
47	Сформировать заключение о результате хирургического лечения Form a conclusion about the result of surgical treatment		5	1	1	5
48	Сформировать лист назначений в нейрохирургическом отделении Create a list of appointments in the neurological department		5	1	21	105
49	Оформить медицинскую документацию, занести данные в ЕМИАС Formalise medical documentation, enter data in Unified Medical information and analytical system		40	1	21	840

Сокращения: ПВAg – поверхностный антиген вируса гепатита В, HCV – вирус гепатита С, HIV – вирус иммунодефицита человека, ЕМИАС – Единая медицинская информационно-аналитическая система, ИФА – иммуноферментный анализ, КДЛ – клинико-диагностическая лаборатория, КТ – компьютерная томография, МРТ – магнитно-резонансная томография, НХО – нейрохирургическое отделение, УЗИ – ультразвуковое исследование, ФВД – функция внешнего дыхания, ЭКГ – электрокардиография, ЭНМГ – электронейромиография, ЭХО – КГ – эхокардиография.

Abbreviations: HBsAg – a surface antigen of the hepatitis B virus, HCV – hepatitis C virus, HIV – human immunodeficiency virus, Rg – radiography, EMIAS – Unified Medical Information and Analytical System, E/A – enzyme immunoassay, CD4 – clinical diagnostic laboratory, CT – computed tomography, HTV – human immunodeficiency virus, MRI – magnetic resonance imaging, NHO – neurosurgical department, ultrasound – ultrasound examination, FVD – respiratory function, ECG – electrocardiography, ENMG – electroneuromyography, ECHO-KG – echocardiography, Rh – rhesus.

Таблица 2. Фрагмент технологической карты в части трудозатрат медицинского персонала

Table 2. A fragment of the technological map regarding the labor costs of medical personnel

1.1	Врачи Doctors	Специальность (сертификат) Specialty (certificate)	Число Number	Усредненная частота предо- ставления Average frequency of provision	Усредненная кратность пре- доставления The average multiplicity of the provision	Время, мин / УЕТ Time, min / AUL*
1	2	3	4	5	6	7
1	Врач-нейрохирург Neurosurgeon	Нейрохирургия Neurosurgery	1	1	34	3114,80 / 311,28
2	Врач-хирург Surgeon	Хирургия Surgery	1	0,3	2	18,00 / 1,80
3	Врач-рентгенолог Radiologist	Рентгенология Radiology	1	1	4	62,00 / 6,20
4	Врач клинической лабораторной диагностики Doctor of Clinical laboratory diagnostics	Клиническая лабораторная диагностика Clinical Laboratory diagnostics	1	0,9	4	19,30 / 1,93
5	Врач ультразвуковой диагностики Doctor of ultrasound diagnostics	Ультразвуковая диагности- ка Ultrasound diagnostics	1	1	3	108,20/10,82
6	Врач-нейрофизиолог Neurophysiologist	Нейрофизиология Neurophysiology	1	0,2	1	2,00 / 0,20
7	Врач-физиотерапевт Physiotherapist	Физиотерапия Physiotherapy	1	0,9	10	27,00 / 2,70
8	Врач-терапевт Physician	Терапия Therapy	1	0,9	10	—
9	Врач функциональной диагностики Doctor of functional diagnostics	Функциональная диагностика Functional diagnostics	2	0,7	2	28,50 / 2,85
10	Врач лечебной физкультуры Doctor of physical therapy	Physical therapy and sports medicine Лечебная физкультура и спортивная медицина	1	0,9	21	120,00 / 12,00
11	Врач-кардиолог Cardiologist	Кардиология Cardiology	1	0,1	1	3,00 / 0,30
12	Врач — анестезиолог- реаниматолог Anesthesiologist-resuscitator	Анестезиология- реаниматология Anesthesiology-resuscitation	1	1	1	387,70 / 39,77
13	Врач — травматолог-ортопед Traumatologist-orthopedist	Травматология и ортопедия Traumatology and orthopedics	1	0,1	1	43 475,00 / —
14	Врач-невролог Neurologist	Неврология Neurology	1	0,1	1	9,00 / 0,90
15	Врач-уролог Urologist	Урология Urology	1	0,3	2	1,00 / 0,10
16	Врач-психиатр Psychiatrist	Психиатрия Psychiatry		0,02	1	0,14 / 0,014
17	Врач — сердечно-сосудистый хирург Cardiovascular surgeon	Сердечно-сосудистая хирургия Cardiovascular surgery	1	0,3	1	9,90 / 0,99
18	Медицинский психолог Medical Psychologist	Психология Psychology		0,2	1	1,00 / 0,10
19	Врач-эндокринолог Endocrinologist	Эндокринология Endocrinology	1	0,1	1	1,50 / 0,15

Окончание табл. 2

End of table 2

1	2	3	4	5	6	7
1.2	Средний медицинский персонал Secondary medical personnel	Специальность (сертификат) Specialty (certificate)	Число Number	Усредненная частота предоставления Average frequency of provision	Усредненная кратность предоставления The average multiplicity of the provision	Время, мин / УЕТ Time, min /AUL
1	Рентгенолаборант Radiology technician	Рентгенология Radiology	1	1	4	—
2	Медицинская сестра приемного отделения The nurse of the reception department	Сестринское дело Nursing	1	0,7	5	—

Сокращение: УЕТ — учетная единица труда.

Abbreviation: AUL — accounting unit of labor.

Таблица 3. Фрагменты технологической карты в части используемых изделий медицинского назначения и расходных материалов

Table 3. A fragment of the technological map regarding the medical products and consumables required for medical care

№	Наименование медицинских изделий, расходных материалов Name of medical products, consumables	Код изделия Product Code	Усредненная частота предоставления Average frequency of provision	Усредненная кратность предоставления The average multiplicity of the provision	Единица измерения Unit of measurement	Число на курс лечения The number for the course of treatment
1	2	3	4	5	6	7
1	Пробирка вакуумная для взятия образцов крови (ИВД) с K2 ЭДТА Vacuum K2 EDTA tube for blood collection (IVD)	293500	1	1	шт. рс.	3
2	Пробирка вакуумная для взятия образцов крови (ИВД) с натрия цитратом Vacuum tube for blood collection, with sodium citrate (IVD)	293540	1	1	шт. рс.	4
3	Пробирка вакуумная для взятия образцов крови (ИВД) с разделительным гелем Vacuum tube for blood collection blood, with separation gel (IVD)	293580	1	1	шт. рс.	3
4	Игла для забора крови Needle for blood collection	144170	1	1	шт. рс.	4
5	Держатель пробирки с иглой для забора крови Tube holder with needle for blood collection	144080	1	1	шт. рс.	4
6	Средство дезинфицирующее для медицинских инструментов на основе гипохлорита натрия (для обработки поверхностей) Disinfectant for medical instruments based on sodium hypochlorite (for surface treatment)	298710	1	1	шт. рс.	100
7	Средство дезинфицирующее для медицинских инструментов на основе гипохлорита натрия (для обработки инструментария) Disinfectant for medical instruments based on sodium hypochlorite (for processing of instruments)	298710	1	1	шт. рс.	100
8	Набор для проведения предоперационной обработки рук для хирургического персонала Preoperative Hand treatment kit for surgical staff	182500	1	1	шт. рс.	60
9	Катетер уретральный временный для дренажа, неантибактериальный, одноразового использования (катетер Фолея № 14) Temporary urethral catheter for drainage, non-antibacterial, disposable (Foley catheter fr 14)	363310	0,2	1	шт. рс.	3

Окончание табл. 3

End of table 3

1	2	3	4	5	6	7
10	Катетер уретральный временный для дренажа, неантибактериальный, одноразового использования (катетер Фолея № 10) Temporary urethral catheter for drainage, non-antibacterial, disposable (Foley Catheter fr 10)	363310		1	шт. рс.	3
11	Катетер уретральный временный для дренажа, неантибактериальный, одноразового использования (катетер Фолея № 12) Temporary urethral catheter for drainage, non-antibacterial, disposable (Foley catheter fr 12)	363310		1	шт. рс.	3
12	Катетер уретральный временный для дренажа, неантибактериальный, одноразового использования (катетер Фолея № 16) Temporary urethral catheter for drainage, non-antibacterial, disposable (Foley catheter fr 16)	363310		1	шт. рс.	3
...						
27	Перчатки смотровые/процедурные из латекса гевеи, неопудренные, неантибактериальные Examination/procedural gloves made of latex hevea, powder-free, non-antibacterial	122540	1	1	шт.	24
28	Система инфузионная микроструйная Micro-jet infusion system	236860	1	1	шт. рс.	16
29	Скальпель одноразового использования Scalpel, single use	253780	0,4	1	шт. рс.	1
30	Контейнер для сбора проб мочи стерильный для ИВД Container for collecting urine samples sterile (IVD)	185690	0,9	1	шт. рс.	3
31	Салфетка марлевая тканая, стерильная, 10 × 5 см Gauze cloth, sterile, 10 × 5 cm	223580	1	1	шт. рс.	8
32	Халат операционный одноразового использования Operating gown, disposable	129350	1	1	шт. рс.	2
33	Шапочка хирургическая одноразового использования, нестерильная Surgical cap, disposable, non-sterile	182410	1	1	шт. рс.	24
34	Салфетка марлевая тканая, стерильная Gauze cloth woven, sterile	223580	1	1	шт. рс.	8
35	Нить хирургическая из полиэфира, нерассасывающаяся, монопить (викрил 2.0) Surgical thread made of polyester, non-absorbable, monofilament (vicryl 2.0)	135860	0,4	1	шт. рс.	1
36	Нить хирургическая из полиэфира, нерассасывающаяся, монопить (лавсан 2.0) Surgical thread made of polyester, non-absorbable, monofilament (lavan 2.0)	135860	0,4	1	шт. рс.	1
37	Шприц общего назначения/в комплекте с иглой 20 мл General purpose syringe/complete with needle, 20 ml	349160	0,5	1	шт. рс.	5

Сокращения: ИВД — диагностика *in vitro*, K2 ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) — тип антикоагулянтов, используемый в рутинных гематологических тестах.

Abbreviations: IVD — *in vitro* diagnostics, K2 EDTA ((ethylenediaminetetraacetic acid)) — a type of anticoagulant used in routine hematology tests.

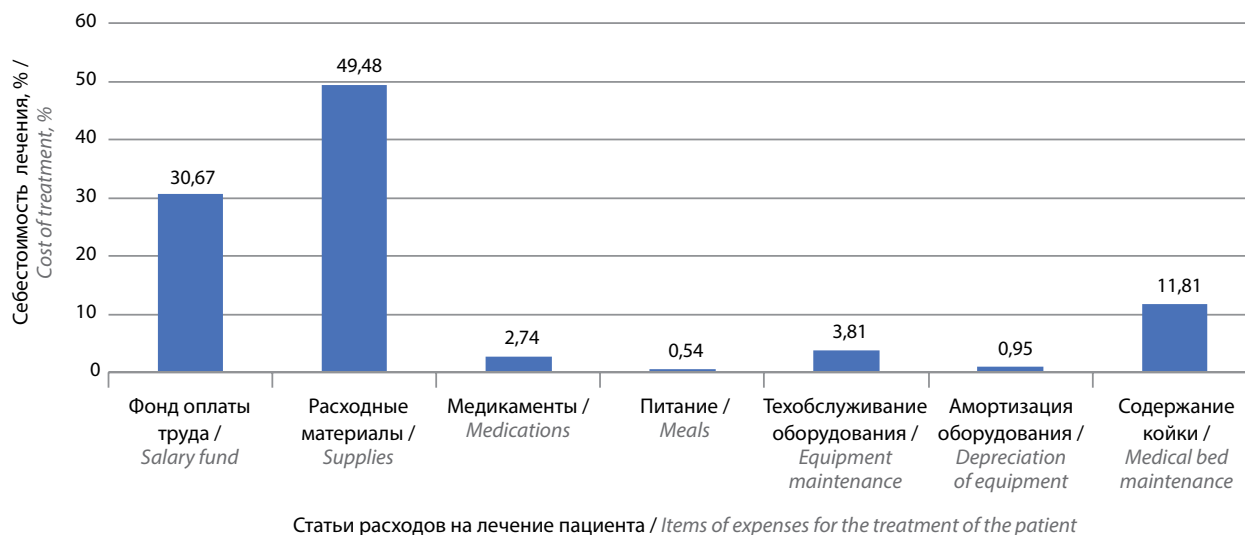


Рис. 2. Структура нормативной себестоимости диагностики и лечения пациента со спинально-позвоночной травмой (пояснения даны в тексте)
Fig. 2. The structure of the standard cost of diagnosis and treatment of a patient with spinal-cervical injury (explanations are given in the text)

По результатам проведенного исследования выявлено несоответствие предполагаемой и фактической стоимости лечения пациента с ПСТ: самый «дорогой» тариф соответствует стоимости 350 688,46 руб., в то время как рассчитанная в ходе исследования себестоимость лечения в среднем составляет 600 652,41 руб. Принимая во внимание тот факт, что основную долю затрат составляет стоимость хирургического лечения, очевидно, что полученная разница объясняется внедрением в практику новых дорогостоящих имплантов и использованием ресурсоемких технологий (навигация, робот-ассистенция и др.).

Перспективы использования модели. Оперограмма, демонстрирующая логику лечебного процесса и содержащая информацию о трудовых, материальных и временных затратах, может быть использована не только для подсчета стоимости лечения, но и для разработки чек-листов — перечня обязательных действий или назначений, которые должен сделать тот или иной участник ЛДП на определенном этапе [14]. Функции каждого участника в ходе ЛДП, зафиксированные в оперограмме, могут быть также представлены в виде набора пошаговых инструкций — стандартных операционных процедур.

Ограничения исследования. Как показал анализ доступной литературы, уровень больничных затрат может значительно варьировать в зависимости от метода подсчета. В нашем исследовании проанализированы исключительно больничные затраты с точки зрения участ-

ников лечебного процесса. Также в модели описан процесс диагностики и лечения усредненного «идеального» пациента (без сопутствующих заболеваний, сочетанных повреждений и редких клинических ситуаций) в идеальных условиях (при доступности любых ресурсов), что неизбежно исключало некоторые возможные в реальной практике затраты. Такие важные факторы, как наличие осложнений, сроки хирургического лечения, уровень и тяжесть травмы позвоночника и спинного мозга не были учтены ввиду первоначально заданных условий исследования. Принимая во внимание специфику учреждения, на базе которого было выполнено исследование, необходимо с осторожностью экстраполировать полученные данные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средние больничные затраты (нормативная себестоимость) на лечение пациента с изолированной осложненной ПСТ на уровне грудного и поясничного отделов позвоночника в многопрофильном стационаре превышает размер выплат по существующим тарифам в 1,7–2,7 раза. В общей сумме затрат расходы на хирургическое вмешательство составляют 48,7 %.

Экономическая обоснованность представленного подхода и прозрачность результирующих больничных затрат имеют важное значение для клинических и организационных решений в рамках многопрофильного стационара.

Таблица 4. Стоимость лечения пациента с позвоночно-спинальной травмой на грудном и поясничном уровнях в зависимости от канала финансирования
Table 4. Cost of treatment of a patient with a spinal injury on the thoracic and lumbar spine, depending on the source of funding

Канал финансирования Funding stream	1	2	№ группы Group number	Наименование вида высокотехнологичной медицинской помощи High-tech medical care type name	Коды по МКБ-10 ICD-10 codes	Модель пациента Patient's model	Код вида высокотехнологичной медицинской помощи High-tech medical care Type code	Метод лечения Treatment method	Нормативная длительность Normal duration	Норматив финансовых затрат на единицу объема медицинской помощи, руб Financial costs per unit of medical care, rub
ВМП HMC		Федеральный бюджет Federal budget	13	Сложные декомпрессионно-стабилизирующие и реконструктивные операции при травмах и заболеваниях позвоночника, сопровождающихся развитием миелопатии, с использованием остеозамещающих материалов, погруженных и наружных фиксирующих устройств. Имплантация временных электродов для нейростимуляции спинного мозга и периферических нервов Complex decompression-stabilizing and reconstructive surgeries for injuries and diseases of the spinal column, accompanied by myelopathy development, with the use of bone replacing materials, submersible and external fixation devices. Implantation of temporary electrodes for neurostimulation of the spinal cord and peripheral nerves	G95.1, G95.2, G95.8, G95.9, A18.0, S12.0, S12.1, S13, S14, S19, S22.0, S22.1, S23, S24, S32.0, S32.1, S33, S34, T08, T09, T85, T91, M80, M81, M82, M86, M85, M87, M96, M99, Q67, Q76.0, Q76.1, Q76.4, Q77, Q76	Переломы позвонков, повреждения (разрыв) межпозвоноковых дисков и связок позвоночника, деформации позвоночного столба вследствие его врожденной патологии или перенесенных заболеваний Vertebral fractures, intervertebral discs and spine ligaments deterioration (ruptures), spinal column deformation caused by congenital pathology or previous diseases	08.00.13.007	Декомпрессионно-стабилизирующее вмешательство с резекцией позвонка, межпозвоночного диска, связочных элементов сегмента позвоночника из вентрального или заднего доступа, репозиционно-стабилизирующий спондилолизинтез с использованием костной пластики (спондилодеза), погружных имплантатов. Двух- и многоэтапное реконструктивное вмешательство с одно- или многоуровневой вертебротомией путем резекции позвонка, межпозвонкового диска, связочных элементов сегмента позвоночника из комбинированных доступов, репозиционно-стабилизирующий спондилолизинтез с использованием костной пластики (спондилодеза), погружных имплантатов Decompression-stabilizing intervention with resections of vertebra, intervertebral disc and ligamentous elements of the spinal segment from the ventral or posterior access, reposition-stabilising spondylosynthesis using bone grafting (spinal fusion) and submersible implants. Two- and multi-stage reconstructive intervention with single or multi-level vertebrotomy by resections of the vertebra, intervertebral disc, ligamentous elements of the spinal segment from combined accesses, reposition-stabilizing spondylosynthesis using bone grafting (spinal fusion) and submersible implants	9	310 961,00

Продолжение табл. 4
Continuation of table 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВМП ОМС НМС СН	Фонд меди- цинско- го страхо- вания Health insurance fund	50	Реконструктивные и деком- прессивные операции при травмах и заболеваниях позвоночника с резекцией позвонков, корригирующей вертебротомией с использо- ванием протезов тел позвонков и межпозвонко- вых дисков, костного цемента и остеозамещаю- щих материалов с приме- нием погружных и наруж- ных фиксирующих устройств Reconstructive and decompressive surgeries for injuries and diseases of the spinal column with resection of vertebrae, corrective vertebratomy, with the use of vertebral bodies and intervertebral discs prosthetics, bone cement and bone replacing materials, using submersible and external fixation devices	A18.0, S12.0, S12.1, S13, S14, S19, S22.0, S22.1, S23, S24, S32.0, S32.1, S33, S34, T08, T09, T85, T91, M80, M81, M82, M86, M85, M87, M96, M99, Q67, Q76.0, Q76.1, Q76.4, Q77, Q76.3	Переломы позвон- ков, повреждения (разрыв) межпозвон- ковых дисков и связок позвоночни- ка, деформации позвоночного столба вследствие его врожденной ятрологии или перенесенных заболеваний Vertebral fractures, intervertebral discs and spine ligaments deterioration (ruptures), spinal column deformation caused by congenital pathology or previous diseases	16.00. 50.001	Декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство с резекцией позвонка, межпозвонкового диска, связочных элементов сегмента позвоночника из вентрального или заднего доступов, репозиционно-стабилизирующий спондилосинтез с использованием костной пластики (спондилодеза), погружных имплантатов Decompression-stabilizing intervention with resections of vertebra, intervertebral disc and ligamentous elements of the spinal segment from the ventral or posterior access, reposition-stabilising spondylosynthesis using bone grafting (spinal fusion) and submersible implants.	—	350 688,46
ОМС СН	Фонд ме- дицин- ского страхо- вания Health insurance fund	079020	Перелом позвоночника без повреждения спинного мозга/ Spinal column fracture with spinal cord being intact	12	125 515,36	079020	Перелом позвоночника без повре- ждения спинного мозга Spinal column fracture with spinal cord being intact	12	125 515,36
			Перелом позвоночника с повреждением спинного мозга Spinal column fracture with spinal cord injury	19	223 046,71	079030	Перелом позвоночника с поврежде- нием спинного мозга Spinal column fracture with spinal cord injury	19	223 046,71

Окончание табл. 4
End of table 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОМС CHI	Фонд медицинского страхования Health insurance fund	79032	Перелом позвоночника с повреждением спинного мозга (Фиксация позвонков без декомпрессии позвоночного канала. Декомпрессия без фиксации. Минимально инвазивная фиксация с декомпрессией позвоночного канала. Минимально инвазивная фиксация без декомпрессии позвоночного канала) Spinal column fracture with spinal cord injury (Fixation of vertebrae without spinal canal decompression. Decompression of spinal canal without fixation. Minimally invasive fixation with decompression of spinal canal. Minimally invasive fixation without decompression of spinal canal)	30	291 928,00	79032	Перелом позвоночника с повреждением спинного мозга (Фиксация позвонков без декомпрессии позвоночного канала. Декомпрессия без фиксации. Минимально инвазивная фиксация с декомпрессией позвоночного канала. Минимально инвазивная фиксация без декомпрессии позвоночного канала) Spinal column fracture with spinal cord injury (Fixation of vertebrae without spinal canal decompression. Decompression of spinal canal without fixation. Minimally invasive fixation with decompression of spinal canal. Minimally invasive fixation without decompression of spinal canal)	30	291 928,00

Сокращения: МКБ-10 – Международная классификация болезней 10-го пересмотра, ВМП – высокотехнологичная медицинская помощь, ОМС – обязательное медицинское страхование.

Abbreviation: ICD-10 – International Classification of Diseases of the 10th revision, HMC – high-tech medical care, CHI – compulsory medical insurance.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Badhiwala J.H., Wilson J.R., Fehlings M.G. Global burden of traumatic brain and spinal cord injury. *Lancet Neurol* 2019;18(1):24–5. DOI: 10.1016/s1474-4422(18)30444-7
2. Kepler C.K., Wilkinson S.M., Radcliff K.E. et al. Cost-utility analysis in spine care: a systematic review. *Spine J* 2012;12(8): 676–90. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.05.011
3. Beckerman D., Esparza M., Lee S.I. et al. Cost analysis of single-level lumbar fusions. *Global Spine J* 2020;10(1):39–46. DOI: 10.1177/2192568219853251
4. Alvin M.D., Miller J.A., Lubelski D. et al. Variations in cost calculations in spine surgery cost-effectiveness research. *Neurosurg Focus* 2014;36(6):E1. DOI: 10.3171/2014.3.focus1447
5. Krueger H., Noonan V.K., Trenaman L.M. et al. The economic burden of traumatic spinal cord injury in Canada. *Chronic Dis Inj Can* 2013;33(3):113–22. PMID: 23735450
6. Vaikuntam B.P., Middleton J.W., McElduff P. et al. Identifying predictors of higher acute care costs for patients with traumatic spinal cord injury and modeling acute care pathway redesign. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019;44(16):E974–83. DOI: 10.1097/brs.0000000000003021
7. Merritt C.H., Taylor M.A., Yelton C.J., Ray S.K. Economic impact of traumatic spinal cord injuries in the United States. *Neuroimmunol Neuroinflamm* 2019;6:9. DOI: 10.20517/2347-8659.2019.15
8. Tso P., Walker K., Mahomed N. et al. Comparison of lifetime incremental cost:utility ratios of surgery relative to failed medical management for the treatment of hip, knee and spine osteoarthritis modelled using 2-year postsurgical values. *Can J Surg* 2012;55(3): 181–90. DOI: 10.1503/cjs.033910
9. Kim S., Mortaz Hedjri S., Coyte P.C., Rampersaud Y.R. Cost-utility of lumbar decompression with or without fusion for patients with symptomatic degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J* 2012;12(1):44–54. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.10.004
10. Перминов А.Ю., Фоменко Н.С., Петриков С.С., Навзиди Ф.М. Организационно-методический подход к описанию и нормированию лечебно-диагностических процессов многопрофильного стационара. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»* 2021;10(1):153–60. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-153-160
11. Перминов А.Ю., Фоменко Н.С., Петриков С.С., Навзиди Ф.М. Организационно-методический подход к описанию и нормированию лечебно-диагностических процессов многопрофильного стационара. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»* 2021;10(1):153–60. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-153-160
12. Фоменко Н.С., Перминов А.Ю., Петриков С.С. Опыт внедрения организационно-методического подхода к описанию и нормированию лечебно-диагностических процессов в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»* 2021;10(2):367–76. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-2-367-376
13. Фоменко Н.С., Перминов А.Ю., Петриков С.С. The experience of implementing an organizational and methodological approach to the description and normalization of therapeutic and diagnostic processes in the “Research Institute of Emergency Medical Care named after N.V. Sklifosovsky”. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo “Neotlozhnaya medicinskaya pomoshh”* = Russian Sklifosovsky Journal “Emergency Medical Care” 2021;10(2):367–76. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-2-367-376
14. Вэйдер М.Т. Инструменты бережливого производства: мини-руководство по внедрению методик бережливого производства: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 124 с.
15. Väder M.T. Lean production tools: a mini-guide to the implementation of lean production techniques: trans. from English. М.: Alpina Business Books, 2005. 124 p.
16. Тарифное соглашение на оплату медицинской помощи, оказываемой по Территориальной программе обязательного медицинского страхования города Москвы на 2022 год. Доступно по: <https://www.mgfoms.ru/medicinskie-organizacii/tarifi/2022>. Tariff agreement for payment of medical care provided under the Territorial program of compulsory medical insurance of the city of Moscow for 2022. Available by: <https://www.mgfoms.ru/medicinskie-organizacii/tarifi/2022>.
17. Мойса И.А., Перминов А.Ю., Фоменко Н.С. Автоматизация системы анализа исполнения стандартов. В кн.: *Вызовы современности и неотложная медицина: тезисы докладов 5-го Съезда врачей неотложной медицины (Москва, 15–16 октября 2021 г.)*. М., 2021. С. 59–61.
18. Moisa I.A., Perminov A.Yu., Fomenko N.S. Automation of the standards performance analysis system. In: *Challenges of Modernity and Emergency medicine: Abstracts of reports of the 5th Congress of Emergency Medicine Doctors (Moscow, October 15–16, 2021)*. Moscow, 2021. Pp. 59–61.

Вклад авторов

А.Ю. Кордонский: разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, написание статьи;
 А.Ю. Перминов, Н.С. Фоменко, А.Р. Самарин: сбор и анализ данных, написание статьи;
 В.А. Хамурзов, К.В. Грецких: сбор и анализ данных;
 А.А. Гринь: разработка дизайна исследования, анализ результатов.

Authors' contribution

A.Y. Kordonsky: research design development, data collection and analysis, article writing;
 A.Yu. Perminov, N.S. Fomenko, A.R. Samarin: data collection and analysis, writing an article;
 V.A. Khamurзов, K.V. Gretsikh: data collection and analysis;
 A.A. Grin': development of research design, analysis of results.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.Ю. Кордонский / A.Yu. Kordonsky: <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>
 А.Ю. Перминов / A.Yu. Perminov: <https://orcid.org/0000-0002-9758-8458>
 Н.С. Фоменко / N.S. Fomenko: <https://orcid.org/0000-0003-3539-6984>
 А.Р. Самарин / A.R. Samarin: <https://orcid.org/0000-0003-3581-0647>
 В.А. Хамурзов / V.A. Khamurзов: <https://orcid.org/0000-0001-6605-0746>
 К.В. Грецких / K.V. Gretsikh: <https://orcid.org/0000-0003-1042-0837>
 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 author declares no conflict of interests.

Финансирование. Работы выполнялись без внешнего финансирования.
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.

THE EFFECTS OF LAMINECTOMY SURGERY ON PAIN, FUNCTIONAL DISABILITY, SENSITIZATION AND ACTIVE TRIGGER POINTS IN SUBJECTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION

K. Ezzati^{1,2}, Z. Rehanian^{2,3}, Sh. Yousefzadeh-Chabok², Sh. Ghadarjani⁴, A. Davoudi-Kiakalayeh³

¹PT, PhD, Associate Professor in Physical Therapy, Neuroscience Research Center, Poursina Hospital, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran;

²Guilan Road Trauma Research Center, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran;

³Department of Neurosurgery, Poursina Hospital, School of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran;

⁴MD, Neurosurgeon, Board Certified Neurological Surgeon, Ghaem Hospital, Rasht, Iran

Contacts: Zoheir Rehanian Zoheir.reihanian@gmail.com

Objectives. To evaluate the effects of laminectomy surgery on pain, functional disability, sensitization and active trigger points in subjects with lumbar disc herniation.

Methods. This study was a prospective pre-post single group study. Seventy-one patients (42 male and 29 female) have been enrolled in the research with an age range of 20–60 (48 ± 13.41). During 48 hours before surgery, patients were examined by a physiotherapist. Pain intensity were measured by visual analogue scale, disability by Oswestry index (Persian version) and sensitivity level using pressure algometer. Three month after laminectomy, the patients were re-examined for mentioned outcomes again.

Results. The majority of the patients (23 cases, 32.4 %) revealed 3 active trigger points of the muscles before surgery. 60 subjects (84.5 %) experienced a gradual onset of leg pain without a trauma history. Lumbar multifidus (74.9 %), medial gastrocnemius (73.2 %), soleus (70.4) gluteus medius (62 %) were the most involved muscles with trigger points before laminectomy. On the other hand, after laminectomy medial gastrocnemius (54.9 %), lateral gastrocnemius (53.5 %), soleus (50.7 %), multifidus (39.4 %) and quadratus lumborum (39.4 %) were the most involved muscles with trigger points. The existence of trigger points in longissimus thoracis ($p = 0.04$), quadratus lumborum ($p = 0.001$), gluteus maximus ($p = 0.04$) and tibialis anterior ($p = 0.02$) were decreased significantly after laminectomy. Pain, disability and pain pressure threshold revealed significant differences before and after surgery.

Discussion. The pattern of active trigger points of muscles was different before and after surgery. Multifidus and gastrocnemius were the most prevalent muscles with myofascial pain syndrome before and after surgery respectively.

Conclusion. The present study revealed that pain, disability, number and prevalence of trigger points decreased after lumbar laminectomy. Nevertheless, pressure pain threshold of trigger points increased after surgery. The pattern of active trigger points of muscles was different before and after surgery. Multifidus and gastrocnemius were the most prevalent muscles with myofascial pain syndrome before and after surgery respectively. In fact, current results showed that active trigger points should be considered before and after laminectomy surgery.

Keywords: lumbar stenosis, myofascial pain syndrome, trigger points, laminectomy, pain

For citation: Ezzati K., Rehanian Z., Yousefzadeh-Chabok Sh. et al. The effects of laminectomy surgery on pain, functional disability, sensitization and active trigger points in subjects with lumbar disc herniation. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):60–7. (In Russ.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-60-67

Влияние ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска

К. Эззати^{1,2}, З. Реханиян^{2,3}, Ш. Юсефзаде-Чабок², Ш. Гадарджани⁴, А. Давуди-Киакалайех³

¹Терапевт, докт. наук, доцент кафедры физиотерапии, Исследовательский центр неврологии, больница Пурсина, медицинский факультет Университета медицинских наук Гиляна, Решт, Иран;

²Исследовательский центр дорожной травмы Гиляна, Университет медицинских наук Гиляна, Решт, Иран;

³Отделение нейрохирургии, больница Пурсина, медицинский факультет Университета медицинских наук Гиляна, Решт, Иран;
⁴Врач, нейрохирург, сертифицированный неврологический хирург, больница Гаема, Решт, Иран

Контакты: Зохейр Реханян Zoheir.reihanian@gmail.com

Цель. Оценить влияние ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска.

Методы. В настоящее проспективное одномоментное исследование до и после операции вошел 71 пациент (42 мужчины и 29 женщин) в возрасте 20–60 лет ($48 \pm 13,41$). За 48 ч до операции пациентов осмотрел физиотерапевт. Интенсивность боли измеряли по визуальной аналоговой шкале, инвалидность – по индексу Освестри (персидская версия), а уровень чувствительности – с помощью альгометра давления. Через 3 мес после ламинэктомии пациенты были повторно обследованы с помощью указанных тестов.

Результаты. У большинства (23 случая, 32,4 %) пациентов до операции выявлены 3 активные триггерные точки в мышцах. У 60 (84,5 %) испытуемых наблюдалось постепенное зарождение боли в ногах без травм в анамнезе. Триггерные точки до ламинэктомии в основном присутствовали в поясничной многораздельной (74,9 %), медиальной икроножной (73,2 %), камбаловидной (70,4 %) и средней ягодичной (62 %) мышцах. С другой стороны, после ламинэктомии триггерные точки в основном были в медиальной икроножной (54,9 %), латеральной икроножной (53,5 %), камбаловидной (50,7 %), многораздельной (39,4 %) и квадратной поясничной (39,4 %) мышцах. Распространенность триггерных точек в длинной грудной клетке ($p = 0,04$), квадратной поясничной ($p = 0,001$), большой ягодичной ($p = 0,04$) и передней большеберцовой ($p = 0,02$) мышцах значительно уменьшилась после ламинэктомии. Признаки боли, инвалидизации и порог болевой чувствительности выявили значительные различия до и после операции.

Обсуждение. Картина распределения активных триггерных точек мышц отличалась до и после операции. Наиболее часто миофасциальный болевой синдром до и после операции присутствовал в многораздельной и икроножной мышцах соответственно.

Заключение. Настоящее исследование показало, что боль, инвалидизация, число и распространенность триггерных точек уменьшились после поясничной ламинэктомии. При этом болевой порог давления на триггерные точки после операции повысился. Картина распределения активных триггерных точек мышц была разной до и после операции. Наиболее часто миофасциальный болевой синдром до и после операции присутствовал в многораздельной и икроножной мышцах соответственно. Фактически результаты настоящего исследования показали, что активные триггерные точки следует учитывать в период до и после ламинэктомии.

Ключевые слова: поясничный стеноз, миофасциальный болевой синдром, триггерные точки, ламинэктомия, боль

Для цитирования: Эззати К., Реханян З., Юсефзаде-Чабок Ш. и др. Влияние операции ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска. Нейрохирургия 2023;25(2):60–7. (На англ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-60-67

INTRODUCTION

Low back pain arising from intervertebral disc herniation is a crucial cause of disability [1]. Approximately four hundred thousand people in the USA undergo lumbar disc surgery annually [2]. It has been demonstrated that about 60 % of lumbar disc surgeries leads to favorable outcomes [2, 3]. Inappropriate interpretation of MRI findings, spinal instability, and surgical complications are the most important reasons why these surgeries may lead to unfavorable outcomes [4, 5].

Myofascial pain syndrome is a chronic pain condition influencing musculoskeletal system [6]. It is characterized by trigger points along with non-throbbing pain ranging from mild to disabling pain [7]. Trigger point is a very sensitive point located in a taut band of skeletal muscle becoming painful due to pressure, tension, contraction and excessive loading [8]. The referral pain is also a main feature of the trigger points [9]. Trigger points are in two active and latent forms. Active trigger points are the cause of referral pain in 85 % of patients with musculoskeletal pain [7]. It has recently been shown that these points could be effective in creation and maintenance

of regional pain such as headache, temporomandibular disorders, chronic pelvic pain syndrome, general pain such as fibromyalgia syndrome (FMS) or whiplash syndrome, and low back pain [10, 11].

Lumbar laminectomy is a cost effective surgical techniques for patients with lumbar spine stenosis [12, 13]. The lamina of the vertebrae is removed by a surgeon to decompress disc and nerve [13]. Muscles and soft tissues are damaged after surgery and may produce trigger points [14]. As well, some interventions are performed to eliminate trigger points after surgery [15]. Recently, some studies have been conducted on the occurrence of trigger points after various surgeries such as thoracic surgery or breast cancer surgery [16, 17]. A study by Lacombe et al found that 44.8 % of women who underwent breast cancer surgery had active trigger points in the shoulder and scapula muscles after one year of follow-up [16]. Also, Fernandez-Lao et al, showed active trigger points in neck and shoulder muscles after lumpectomy or mastectomy surgery [17].

However, to the best of our knowledge, no study has yet been performed on creation or disappearing of trigger points subsequent to laminectomy. In the present study, our aim

was to study the effects of laminectomy surgery on pain, functional disability, sensitization and active trigger points in subjects with lumbar disc herniation.

MATERIALS AND METHODS

We evaluated the patients before and after laminectomy surgery. Seventy-one patients (42 male and 29 female) have been enrolled in the research with an age range of 20–60 (48 ± 13.41). The patients suffering from back pain before and after laminectomy of fourth and fifth vertebrae were referred to physiotherapy center of poorsina hospital. This pre-posttest single group study was prospectively recorded at Clinicaltrials.gov with the clinical trial number: IRCT20170516034003N7. The study was approved by the research deputy of Guilan University of Medical Sciences (code of ethics: IR.GUMS.REC. 1396.344) and all patients signed the informed consent form. The patient's flow chart is shown in figure 1.

The inclusion criteria were: The subjects with unilateral chronic low back pain that radiate to lower limb, the pain duration was more than 3 months, the patients were selected for laminectomy surgery by a neurosurgeon and were hospitalized, the patients which had at least 1 trigger point in lumbar or lower limb muscles.

Subjects with following conditions or diseases have been excluded from the study: fibromyalgia, neuralgia, rheumatoid arthritis, lumbar and hip myopathy, neuropathy and myelopathy, cognitive disorders; cancer, cauda equine syndrome, receiving acupuncture or trigger point injection, pregnancy, abuse, receiving corticosteroids; surgery of other lumbar vertebrae; urinary incontinence; bilateral radicular pain; and the subjects with lumbar spinal stenosis without any trigger points. During 48 hours before surgery, patients were examined by a physiotherapist. Demographic information of the patients was collected. Then, pain, disability, pain pressure threshold and the muscles with active trigger points have been recorded. In addition, pain intensity were measured by visual analogue scale (VAS), disability by Oswestry disability index (Persian version) and pain pressure threshold using pressure algometer [18]. The patients were re-examined for mentioned outcomes three months after laminectomy.

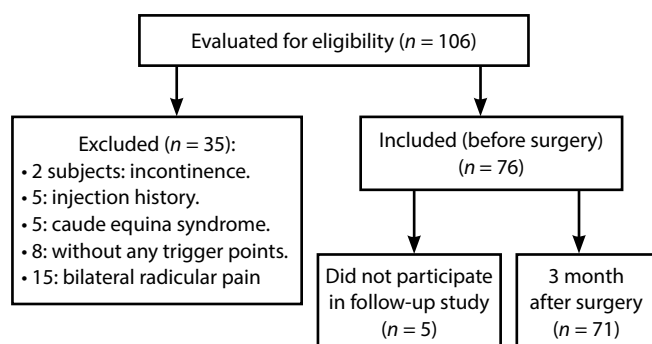


Fig. 1. Participant flow chart

Pain intensity were determined using the VAS. The patient was asked to indicate the pain intensity on a 100 mm line. The number zero indicates the absence of pain and the number 100 indicates the maximum amount of pain that the subject had experienced. Validity and reliability of visual pain measurement criteria have been proven in previous studies [19, 20].

The Oswestry disability index was used to assess the degree of disability of patients with low back pain. This questionnaire includes 10 sections. Each section contains 6 questions and has 5 points. The first question is given a score of zero and the last question is given a score of 5. The patient was asked to answer questions according to his/her daily activities. The final score is calculated as a percentage of disability. The validity and reliability of the Persian version of this scale has been proven in previous studies [18].

Pressure algometer (SF model, South Korea) were used to quantify the pressure threshold of pain before and after treatment on trigger points. The device consists of a gun-shaped handle with a pressure-sensitive disk measuring one square centimeter at the tip [21]. To make the patient more familiar with this device, the examiner will show it on the styloid process of the right ulnar bone. The pressure gauge was placed on the trigger points and was measured 3 times. The average of 3 measurements was recorded as the amount of pressure pain threshold in kilograms per square centimeter. It should be noted that the amount of pressure applied by the examiner was constant at an approximate speed of one kilogram per second. Patients were asked to say "yes" to the onset of pain as soon as the pressure changes. The mean values of trigger points in the muscles was recorded before and after laminectomy [21, 22].

Trigger points were found by palpating lumbar and lower limb muscles. Palpation (direct finger pressure, flat and pinch) was performed by an experienced physiotherapist [23]. In this study, muscles of lumbosacral and lower limb which have been evaluated were as follows: multifidus, quadratus lumborum, longissimus thoracis, iliocostalis lumborum, piriformis, gluteus maximus, gluteus medius, gluteus minimus, tensor fasciae latae, biceps femoris, semitendinosus and semimembranosus, medial and lateral gastrocnemius, soleus and tibialis anterior [23]. The exact primary points of myofascial pain syndrome in these muscles have been shown in figure 2 [23, 24]. Palpable taut band, tenderness and pain recognition were three main criteria for diagnosing trigger points [16]. The number of muscles with trigger points, the number of active trigger points in each patient were recorded.

STATISTICAL ANALYSIS

Statistical Package for the Social Sciences software (SPSS for Windows, Version 23.0) were used to analysis data. Frequency and descriptive analysis were performed to check all relevant characteristics of the patients. Results are showed as percentages (%), mean and/or standard deviation (SD). Also, the Shapiro–Wilks test was used

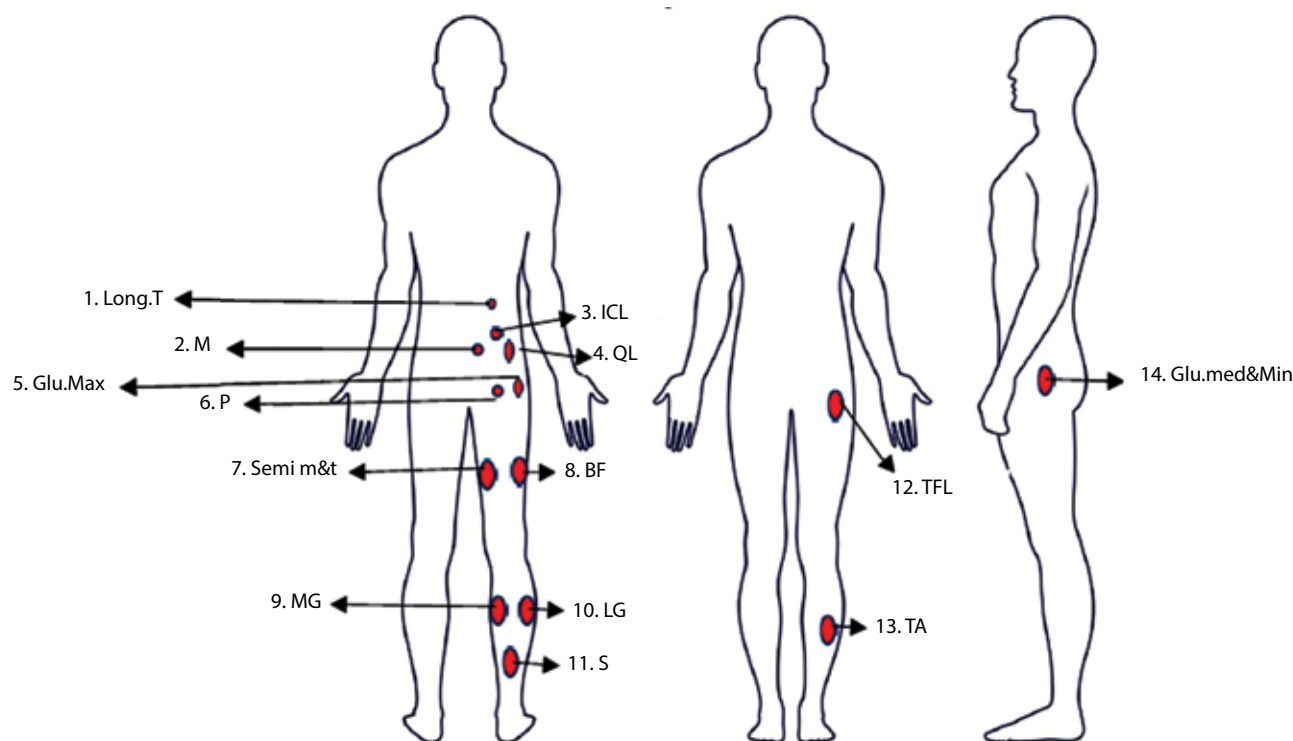


Fig. 2. The sites of active trigger points in 15 muscles of lumbar and lower limb in patients with chronic low back pain before and after lumbar laminectomy: 1. Long.T – longissimus thoracis, 2. M – multifidus, 3. ICL – iliocostalis lumborum, 4. QL – quadratus lumborum, 5. Glu.Max – gluteus maximus, 6. P – piriformis, 7. Semi m&t – semimembranosus and semitendinosus, 8. BF – biceps femoris, 9. MG – medial gastrocnemius, 10. LG – lateral gastrocnemius, 11. S – soleus, 12. TFL – tensor fasciae latae, 13. TA – tibialis anterior, 14. Glu.med&Min – gluteus medius, gluteus minimus

to assess the normal distribution of the data. Paired t-test and Chi-square were used to compare variables before and after intervention. Differences in the number of active trigger points pre and post surgery were analyzed with the Chi-square (χ^2) test. A P value less than 0.05 were considered statistically significant.

RESULTS

From 106 subjects, a total of 71 individuals were included in the study. 35 subjects were excluded from the study, $n = 8$ subjects because they did not show trigger points during first evaluation, $n = 5$ subjects because they presented the symptoms of cauda equine syndrome, $n = 2$ subject due to incontinence, $n = 5$ because of injection history and $n = 15$ patient with bilateral pain. As well, 5 subjects did not participate in the follow up assessment (figure 1). 59.2 % ($n = 42$) of participants were female and 40.8 % ($n = 29$) were male. Findings related to the descriptive statistics are provided in table 1.

According to the results, 5, 8 and 9 muscles were involved in 12.7 % of subjects ($n = 9$). The majority of the patients (23 cases, 32.4 %) revealed 3 active trigger points of the muscles before surgery. 60 subjects (84.5 %) experienced a gradual onset of leg pain without a trauma history.

Lumabr multifidus (74.9 %), medial gastrocnemius (73.2 %), soleus (70.4 %) gluteus medius (62 %) were the most involved muscles with trigger points before laminectomy.

Table 1. Demographic characteristics of the patients with low back pain before laminectomy

	Minimum	Maximum	Mean $\pm$ SD
Age, years	23	60	48 $\pm$ 13.41
Weight, kg	47	91	72.51 $\pm$ 8.92
Height, cm	155	182	169.24 $\pm$ 6.14
BMI, kg/m ²	19.12	29.14	25.92 $\pm$ 2.01
Pain duration, m	3	48	6.78 $\pm$ 12.17

Abbreviations: SD – standard deviation; kg – kilogram; cm – centimeter; m² – squared meter; BMI – body mass index; m – month.

On the other hand, After laminectomy medial gastrocnemius (54.9 %), lateral gastrocnemius (53.5 %), soleus (50.7 %), multifidus (39.4 %) and quadratus lumborum (39.4 %) were the most involved muscles with trigger points. The exact amount of all muscle's prevalence is represented on Table 2.

Table 2 indicate that the existence of trigger points in longissimus thoracis ($p = 0.04$), quadratus lumborum ($p = 0.001$), gluteus maximus ($p = 0.04$) and tibialis anterior ($p = 0.02$) were decreased significantly after laminectomy. Also, these findings show that the existence of trigger points in all muscles were decreased after

Table 2. The frequency and percentage of muscular involvement in patients with disc herniation before and after laminectomy

	Muscle	Frequency of active trigger points, <i>n</i>		Percentage of active trigger points, %		Chi-square	<i>P</i> value
		before (<i>n</i> = 71)	after (<i>n</i> = 61)	before	after		
1	Multifidus	54	28	74.9	39.4	0.75	0.38
2	Longissimus thoracis	22	15	31	21.1	4.20	0.04
3	Iliocostalis lumborum	24	11	33.8	15.5	0.01	0.91
4	Quadratus lumborum	38	28	53.5	39.4	11.44	0.001
5	Gluteus maximus	23	10	33.4	14.1	0.41	0.04
6	Gluteus medius	44	19	62	26.8	2.45	0.11
7	Gluteus minimus	18	6	25.4	8.5	2.75	0.09
8	Piriformis	30	24	42.3	23.8	2.15	0.14
9	Tensor fasciae latae	12	8	16.9	11.3	0.30	0.58
10	Semitendinosus and semimembranosus	37	25	52.1	25.2	0.96	0.32
11	Biceps femoris	31	25	43.7	35.2	0.004	0.95
12	Medial gastrocnemius	52	39	73.2	54.9	0.55	0.45
13	Lateral gastrocnemius	39	38	54.9	53.5	0.36	0.54
14	Soleus	50	36	70.4	50.7	0.31	0.57
15	Tibialis anterior	21	10	29.6	14.1	5.34	0.02

surgery but most of them are not significant before and after surgery ($p > 0.05$).

Table 3 shows the mean changes of quantitative variables before and after laminectomy. Pain, disability and PPT revealed significant differences before and after surgery.

Table 3. The comparison of pain, disability and pressure pain threshold before and after laminectomy

Variable	Time	Mean $\pm$ SD	<i>P</i> value
Pain (VAS)	Before surgery	8.32 $\pm$ 1.79	0 < 0.001
	After surgery	3.35 $\pm$ 2.42	
Disability (Oswestry)	Before surgery	30.21 $\pm$ 6.35	0 < 0.001
	After surgery	20.5 $\pm$ 6.25	
Pressure pain threshold (algometer)	Before surgery	10.37 $\pm$ 1.5	0 < 0.001
	After surgery	11.5 $\pm$ 1.67	

Abbreviations: VAS – visual analogue scale.

DISCUSSION

The findings of the present study showed that pain, disability and pain pressure threshold have been improved after laminectomy. These results were in agreement with the findings of other studies [3, 25–29]. To the best of our

knowledge, the present study is the first one investigating myofascial origin of spinal pain to legs in patients suffering from disc herniation of the L4 and L5 after laminectomy. The results showed that lumbar laminectomy did not increase trigger points in trunk and lower limb muscles. In contrast, it reduces them and even in proximal muscles, there would be less trigger points.

Trigger points are main characteristics of myofascial pain syndrome and can result from long time muscle contraction, overloading, or performance of repetitive movements [6]. In spite of the evaluation and treatment of trigger points in different classifications of spinal pain, some literature mentioned that surgery may cause trigger points [7, 14]. Like our recent study, the present study revealed that many people suffering from chronic low back pain may show the symptoms of myofascial pain syndrome at least in four or five groups of the trunk and lower limb muscles [24]. In more than 50 % of the patients, myofascial pain was observed in multifidus, medial gastrocnemius, soleus, gluteus medius, lateral gastrocnemius, quadratus lumborum, and medial hamstring before surgery. However, more than 50 % of patients showed symptoms only in lateral gastrocnemius, medial gastrocnemius, and soleus after surgery. Before and after surgery, multifidus and medial gastrocnemius showed highest level of involvement respectively. Previous studies have shown a high prevalence of active trigger points in the multifidus muscle in patients with chronic nonspecific low back pain [24]. In this study, multifidus was

the most involved muscle before surgery. Multifidus muscle plays a very critical role in stability and mobility of the back, so that two thirds of the stability of the back is provided by this muscle. The dual function of this muscle is the reason for the high prevalence of trigger points in it [30, 31]. Although the prevalence of trigger points decreased after laminectomy, it is still one of the muscles that showed a high percentage of involvement and should be considered after laminectomy. On the other hand, gastrocnemius muscles also showed a higher incidence of active trigger points after laminectomy. It confirms the report of pain in the posterior legs and soles in these patients after surgery. Immobility, medication, positioning after surgery and lack of daily stretching may be the most common causes of trigger points of these muscles after surgery [16, 32].

The longissimus thoracis, quadratus lumborum, gluteus maximus, and tibialis anterior muscles showed significant reduction of trigger points compared to before surgery examination; whereas no significant reduction of involvement was observed in other muscles. The evidence from the present study suggests that lumbar laminectomy may reduce myofascial pain in proximal muscles and those muscles innervated by L5 nerve root. This is not in agreement with those studies suggesting that surgery can create trigger points due to damaging soft tissues surrounding the low back [33]. Central sensitization in subjects with active trigger points is considered as a neurological factor in the creation and continuation of pain [34]. Central sensitization is defined as increase responsiveness of receptors to stimulations which may cause pain hyper sensitivity [33]. Therefore, nerve root decompression associated with muscles may be able to reduce central sensitivity and thus reduce pain and release trigger points [35]. In the present study, the improvement of pain pressure threshold after laminectomy is one the confirming factors for this hypothesis. Therefore, in tibialis anterior muscles significant reduction of active trigger points were observed. It is also important to note that since

the trigger points are neurally mediated, the modification and release of nerve roots following laminectomy may be effective in reducing patients' pain [33].

The time elapsed from surgery may also be considered as a factor in the development and prevalence of active trigger points. Fernandez-Lao et al revealed that although the time of muscle evaluation after surgery was different between the two groups, but no significant difference in the number and prevalence of trigger points was observed between the two groups [17]. In the present study, at least three months had elapsed since the laminectomy in the second evaluation. However, it seems that in the acute phase after surgery, the probability of eliciting active trigger points is higher [33].

The present study showed several limitations. Firstly, we only investigated long-term follow ups for patients. Immediate results of laminectomy on outcomes were not evaluated. Secondly, because of the selecting patients for surgery, it was not possible to design a control group for the study. Thirdly, Palpation (based on three main criteria) was the only method to diagnose the trigger points in muscles. Fourthly, the psychosocial status of the patients was not recorded in the current study. Fifthly, although data was collected in a single hospital, lumbar disc surgeries were performed by two surgeons.

CONCLUSION

The present study revealed that pain, disability, number and prevalence of trigger points decreased after lumbar laminectomy. Nevertheless, pressure pain threshold of trigger points increased after surgery. The pattern of active trigger points of muscles was different before and after surgery. Multifidus and gastrocnemius were the most prevalent muscles with myofascial pain syndrome before and after surgery respectively. In fact, current results showed that active trigger points should be considered before and after laminectomy surgery.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yang H., Liu H., Li Z. et al. Low back pain associated with lumbar disc herniation: role of moderately degenerative disc and annulus fibrous tears. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(2):1634–44. eCollection. PMID: 25932092
2. Ragab A., Deshazo R.D. Management of back pain in patients with previous back surgery. *Am J Med* 2008;121(4):272–8. DOI: 10.1016/j.amjmed.2008.01.004
3. Bydon M., Macki M., Abt N.B. et al. Clinical and surgical outcomes after lumbar laminectomy: An analysis of 500 patients. *Surg Neurol Int* 2015;6(Suppl 4):S190–3. DOI: 10.4103/2152-7806.156578
4. Clinical orthopaedic rehabilitation E-Book: an evidence-based approach: expert consult / Eds.: S.B. Brotzman, R.C. Manske: Elsevier Health Sciences; 2011.
5. Peene L., Le Cacheux P., Sauter A.R. et al. Pain management after laminectomy: a systematic review and procedure-specific post-operative pain management (prospect) recommendations. *Eur Spine J* 2021;30(10):2925–35. DOI: 10.1007/s00586-020-06661-8
6. Ezzati K., Ravarian B., Saberi A. et al. Prevalence of cervical myofascial pain syndrome and its correlation with the severity of pain and disability in patients with chronic non-specific neck pain. *Arch Bone Jt Surg* 2021;9(2):230–4. DOI: 10.22038/abjs.2020.48697.2415
7. Fernández-de-Las-Peñas C., Nijs J. Trigger point dry needling for the treatment of myofascial pain syndrome: current perspectives within a pain neuroscience paradigm. *J Pain Res* 2019;12:1899–911. DOI: 10.2147/JPR.S154728
8. Ezzati K., Khani S., Moladoust H. et al. Comparing muscle thickness and function in healthy people and subjects with upper trapezius myofascial pain syndrome using ultrasonography. *J Bodyw Mov Ther* 2021;26:253–6. DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.12.016
9. Fernández-de-Las-Peñas C., Dommerholt J. International consensus on diagnostic criteria and clinical considerations of myofascial trigger points: a Delphi study. *Pain Med* 2018;19(1):142–50. DOI: 10.1093/pm/pnx207
10. Barbero M., Schneebeli A., Koetsier E., Maino P. Myofascial pain syndrome and trigger points: evaluation and treatment in patients with musculoskeletal pain. *Curr Opin Support Palliat Care* 2019;13(3):270–6. DOI: 10.1097/SPC.0000000000000445

11. Casale R. Myofascial pain: so common, and yet not understood. *Curr Opin Support Palliat Care* 2018;12(3):372. DOI: 10.1097/SPC.0000000000000367
12. Burnett M.G., Stein S.C., Bartels R.H. Cost-effectiveness of current treatment strategies for lumbar spinal stenosis: nonsurgical care, laminectomy, and X-STOP. *J Neurosurg Spine* 2010;13(1):39–46. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09552
13. Salas-Vega S., Chakravarthy V.B., Winkelman R.D. et al. Late-week surgery and discharge to specialty care associated with higher costs and longer lengths of stay after elective lumbar laminectomy. *J Neurosurg Spine* 2021; Apr 6:1–7. DOI: 10.3171/2020.11.SPINE201403
14. Arias-Burúa J.L., Valero-Alcaide R., Cleland J.A. et al. Inclusion of trigger point dry needling in a multimodal physical therapy program for postoperative shoulder pain: a randomized clinical trial. *J Manipulative Physiol Ther* 2015;38(3):179–87. DOI: 10.1016/j.jmpt.2014.11.007
15. Halle R., Crowell M., Goss D. Dry needling and physical therapy versus physical therapy alone following shoulder stabilization repair: a randomized clinical trial. *Int J Sports Phys Ther* 2020;15(1):81–102. PMID: 32089961
16. Lacombe M.T., Del Moral O.M., Zazo J.L.C. et al. Incidence of myofascial pain syndrome in breast cancer surgery: a prospective study. *Clin J Pain* 2010;26(4):320–5. DOI: 10.1097/AJP.0b013e3181c4904a
17. Fernández-Lao C., Cantarero-Villanueva I., Fernández-de-Las-Peñas C. et al. Development of active myofascial trigger points in neck and shoulder musculature is similar after lumpectomy or mastectomy surgery for breast cancer. *J Bodyw Mov Ther* 2012;16(2):183–90. DOI: 10.1016/j.jbmt.2011.01.022
18. Mousavi S.J., Parnianpour M., Mehdian H. et al. The Oswestry disability index, the Roland-Morris disability questionnaire, and the Quebec back pain disability scale: translation and validation studies of the Iranian versions. *Spine* 2006;31(14):E454–E9. DOI: 10.1097/01.brs.0000222141.61424.f7
19. Chiarotto A., Maxwell L.J., Ostelo R.W. Measurement properties of visual analogue scale, numeric rating scale, and pain severity subscale of the brief pain inventory in patients with low back pain: A systematic review. *J Pain* 2019;20(3):245–63. DOI: 10.1016/j.jpain.2018.07.009
20. Shafshak T.S., Elnemr R. The Visual Analogue Scale Versus Numerical Rating Scale in Measuring Pain Severity and Predicting Disability in Low Back Pain. *J Clin Rheumatol* 2021;27(7):282–5. DOI: 10.1097/RHU.0000000000001320
21. Benito-de-Pedro M., Becerro-de-Bengoa-Vallejo R., Losa-Iglesias M.E. et al. Effectiveness between dry needling and ischemic compression in the triceps surae latent myofascial trigger points of triathletes on pressure pain threshold and thermography: a single blinded randomized clinical trial. *J Clin Med* 2019;8(10):1632. DOI: 10.3390/jcm8101632
22. Park G., Kim C.W., Park S.B. et al. Reliability and usefulness of the pressure pain threshold measurement in patients with myofascial pain. *Ann Rehabil Med* 2011;35(3):412–7. DOI: 10.5535/arm.2011.35.3.412
23. Dommerholt J., de las Penas C.F. Trigger point dry needling E-Book: an evidence and clinical-based approach. Elsevier Health Sciences, 2018.
24. Yousefzadeh Chabok S., Ezzati K., Saberi A., Hosein Zadeh J. Evaluating the prevalence of lumbar myofascial pain syndrome in patients with non-specific chronic low back pain and a normal MRI study. *Journal of Guilan University of Medical Sciences* 2020;29(113):43–50.
25. Datta G., Gnanalingham K.K., Peterson D. et al. Back pain and disability after lumbar laminectomy: is there a relationship to muscle retraction? *Neurosurgery* 2004;54(6):1413–20. DOI: 10.1227/01.neu.0000124751.57121.a6
26. Thomé C., Zevgaridis D., Leheta O. et al. Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. *J Neurosurg Spine* 2005;3(2):129–41. DOI: 10.3171/spi.2005.3.2.0129
27. Haddadi K., Ganjeh Qazvini H.R. Outcome after surgery of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of bilateral laminotomy, trumpet laminectomy, and conventional laminectomy. *Front Surg* 2016;8:3–19. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00019
28. Ko S., Oh T. Comparison of bilateral decompression via unilateral laminotomy and conventional laminectomy for single-level degenerative lumbar spinal stenosis regarding low back pain, functional outcome, and quality of life – a randomized controlled, prospective trial. *J Orthop Surg Res* 2019;14(1):252. DOI: 10.1186/s13018-019-1298-3
29. Ricciardi L., Sturiale C.L., Pucci R. et al. Patient-oriented aesthetic outcome after lumbar spine surgery: a 1-year follow-up prospective observational study comparing minimally invasive and standard open procedures. *World Neurosurg* 2019;122:e1041–6. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.208
30. Freeman M.D., Woodham M.A., Woodham A.W. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *PM R* 2010;2(2):142–6. DOI: 10.1016/j.pmrj.2009.11.006
31. Cagnie B., Dhooge F., Schumacher C. et al. Fiber typing of the erector spinae and multifidus muscles in healthy controls and back pain patients: a systematic literature review. *J Manipulative Physiol Ther* 2015;38(9):653–63. DOI: 10.1016/j.jmpt.2015.10.004
32. Samuel A.S., Peter A.A., Ramanathan K. The association of active trigger points with lumbar disc lesions. *J Musculoskelet Pain* 2007;15(2):11–8. DOI: 10.1300/J094v15n02_04
33. Hendi A., Dorsher P.T., Rizzo T.D., Gibson L.E. Subcutaneous trigger point causing radiating postsurgical pain. *Arch Dermatol* 2009 Jan;145(1):52–4. DOI: 10.1001/archderm.145.1.52
34. The role of central sensitization in shoulder pain: a systematic literature review. *Seminars in arthritis and rheumatism* / Eds: M.N. Sanchis, E. Lluch, J. Nijs, F. Struyf, M. Kangasperko. Elsevier, 2015.
35. Woolf C.J., Thompson S.W. The induction and maintenance of central sensitization is dependent on N-methyl-D-aspartic acid receptor activation; implications for the treatment of post-injury pain hypersensitivity states. *Pain* 1991;44(3):293–9. DOI: 10.1016/0304-3959(91)90100-C

Acknowledgement. The authors thank the staff and patients of physical therapy and neurosurgery ward of poorsina hospital.

Благодарность. Авторы благодарят персонал и пациентов отделения физиотерапии и нейрохирургии больницы Пурсина.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest with respect to the present study.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в отношении настоящего исследования.

Ethical approval. All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee (code of ethics: IRCT20170516034003N7).

Этическое одобрение. Все процедуры, выполняемые в исследованиях с участием людей, соответствовали этическим стандартам институционального и/или национального исследовательского комитета (кодекс этики: IRCT20170516034003N7).

Declaration of interest. None.

Заявление о заинтересованности. Отсутствует.

Funding. The study was financially supported by Guilan University of Medical Sciences, Deputy of Research and Technology (Grant number: 96082015).

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке Гилянского университета медицинских наук, заместителя министра исследований и технологий (номер гранта: 96082015).

Article submitted: 12.12.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

Статья поступила: 12.12.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ

“THE EFFECTS OF LAMINECTOMY SURGERY ON PAIN, FUNCTIONAL DISABILITY, SENSITIZATION AND ACTIVE TRIGGER POINTS IN SUBJECTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION”

«Влияние операции ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска»

K. Ezzati, Z. Rehanian, Sh. Yousefzadeh-Chabok, Sh. Ghadarjan, A. Davoudi-Kiakalayeh
К. Эззати, З. Реханян, Ш. Юсефзаде-Чабок, Ш. Гадарджани, А. Давуди-Киакалайех

Статья посвящена изучению течения миофасциального синдрома у пациентов с развитием дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника на уровне L4–L5. Развитие дегенеративных изменений (стеноз позвоночного канала), часто формирует прямые или отраженные костно-мышечные болевые синдромы (в обиходе миофасциальный синдром), негативно сказывающиеся на окружающих тканях (в том числе на мышцах), вызывающие нарушение их иннервации и кровоснабжения, что приводит к спазмам, болям, вынужденной позе, что в свою очередь ухудшает состояние мышц и обмен веществ. Формируется порочный круг, разорвать который можно только при комплексном воздействии на все звенья патогенеза миофасциального синдрома, в частности на область возникновения (Пилипович А.А., Данилов А.Б. Миофасциальный болевой синдром: от патогенеза к лечению. РМЖ. Болевой синдром 2012; 0 (спец. вып.): 29–32) или на триггерные точки, находящиеся в зоне иннервации дерматомов (прямых или отраженных).

Триггерные точки могут образовываться в любой скелетной мышце, а это означает, что любая мышца может быть поражена триггерными точками. По нашим наблюдениям, если поражено небольшое количество мышц и триггерных точек несколько, то они не проявляются или быстро исчезают самостоятельно, даже при отсутствии лечения. Однако триггеры склонны к «растеканию», то есть со временем, с приходом первых триггеров, в ранее непораженных мышцах начинает появляться все больше нитей. И, как правило, боль и беспокойство возникают, когда триггеров много — десятки триггерных точек. Триггерные точки — специфический симптом, присущий только миофасциальному синдрому. Они принципиально отличают миофасциальный синдром от всех других вариантов болевого синдрома (в частности, корешковой боли).

Авторы статьи провели исследование динамики миофасциального болевого синдрома, меняющегося в результате хирургического лечения стеноза в виде ламинэктомии. Возникает вопрос об объеме ламинэктомии — возможно, проводилась только резекция дужек без фасетэктомии или медиальная резекция фасеточных суставов для предотвращения нестабильности. В любом случае авторы отмечают значительное снижение интенсивности болевого синдрома (по визуальной аналоговой шкале боли) и признаков социальной дезадаптации (по шкале Освестри) в результате проведенных хирургических вмешательств. При этом сохраняется высокая реактивность пациентов в плане воспроизведения болевого синдрома при воздействии на триггерные точки оригинальным методом механической альгометрии, позволяющим в цифровом выражении оценить сохранность пускового механизма триггерных зон при миофасциальных синдромах.

Таким образом, в качестве наиболее активных точек проявления миофасциального синдрома обозначены зоны в областях прикрепления *m. Multifidus*, как наиболее активно участвующей в сохранении мобильности и стабильности позвоночника, и *m. Gastrocnemius*, имеющей, пожалуй, максимальное количество триггерных точек в зонах соединения с сухожилиями.

Данная статья демонстрирует важность понимания преемственности между оценкой особенностей болевых синдромов, не поддающихся порой топической интерпретации (как миофасциальный синдром), и вариантов хирургической декомпрессии, столь часто и бесконтрольно используемых при лечении дегенеративных поражений позвоночника.

А.О. Гуца, д.м.н., профессор РАН,
зав. отделением нейрохирургии с группой сосудистой
и эндоваскулярной хирургии ФГБНУ «Научный центр
неврологии» Минобрнауки России

COMMENT ON THE ARTICLE “THE EFFECTS OF LAMINECTOMY SURGERY ON PAIN, FUNCTIONAL DISABILITY, SENSITIZATION AND ACTIVE TRIGGER POINTS IN SUBJECTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION”

K. Ezzati, Z. Rehanian, Sh. Yousefzadeh-Chabok, Sh. Ghadarjan, A. Davoudi-Kiakalayeh

The article is devoted to study the course of myofascial syndrome in patients with the development of degenerative stenosis of lumbar spine at the level of L4–L5. The development of degenerative changes (stenosis of the spinal canal) often forms direct or reflected musculoskeletal pain syndromes (in everyday life myofascial syndrome), negatively affecting surrounding tissues (including the muscles), causing a damage of their innervation and blood supply, which leads to spasms, pain, forced posture, which in turn worsens muscle condition and metabolism. The developed vicious circle can be broken only with a complex effect on all steps of pathogenesis of myofascial syndrome, in particular to the area of origin (Pilipovich A.A., Danilov A.B. Myofascial pain syndrome: from pathogenesis to treatment. Russian Medical Journal. Pain syndrome 2012; 0 (special issue): 29–32) or to trigger points located in the zone of dermatomes innervations (direct or reflected).

Trigger points can form anywhere in skeletal muscles, which means that any muscle may be affected by trigger points. According to our observations, if there are some trigger points in few muscles, then they are not clinically significant or quickly disappear on their own, even in the absence of treatment. However, triggers tend to «spread», that is, over time, with the advent of the first triggers, the more and more threads begin to appear in previously unaffected muscles. As a rule, pain and anxiety arise when there are many triggers — dozens of trigger points.

The trigger points is a specific symptom typical for myofascial syndrome only. They fundamentally differ myofascial syndrome from all other variants of pain syndrome (in particular, the radicular pain).

The authors of the article conducted a study of the dynamics myofascial pain syndrome changing as a result of

surgical treatment of stenosis in the form laminectomy. The volume of the laminectomy remains a question — perhaps there was either the resection of the arches without facetectomy performed or the medial resection of the facet joints to prevent instability. In any case, the authors note a significant decrease in the pain syndrome intensity (according to the visual analog scale of pain) and signs of social maladaptation (according to the Oswestry scale) as a result of surgical interventions. At the same time, high reactivity of the patients remains in terms of reproducing pain syndrome when exposing the trigger points by the original method of mechanical algometry, which makes it possible to digitally evaluate the safety of the trigger mechanism trigger zones in myofascial syndromes.

Thus, as the most active points of manifestation of myofascial syndrome, the zones in the areas of attachment of *m. Multifidus* like most actively involved in maintaining mobility and stability of the spine, and *m. Gastrocnemius*, which has, perhaps, the maximum number of trigger points in areas of connection with tendons.

This article demonstrates importance of understanding of continuity between the assessment of the features of pain syndromes that are sometimes not amenable to topical interpretation (like the myofascial syndrome), and options for surgical decompression, that are so often and uncontrollably used in the treatment of degenerative lesions of the spine.

*A.O. Gushcha, Doctor of Medical Sciences,
Professor of the Russian Academy of Sciences,
Head of the department of neurosurgery with a group
of vascular and endovascular surgery,
“Research Center of Neurology” of the Ministry
of Education and Science of Russia*

ВАРИАНТ ТЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ СУБДУРАЛЬНОЙ ГЕМАТОМЫ (НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ)

О.Б. Малышев, И.М. Агзамов, А.Л. Хрущ, А.А. Ширинский

ГБУЗ «Городская больница №1 им. Н.И. Пирогова»; ул. Адмирала Октябрьского, 19, 299011 Севастополь, Россия

Контакты: Истам Мансурович Агзамов istam@bk.ru

Введение. Врачи разных специальностей сталкиваются с трудностями диагностики хронических субдуральных гематом (ХСДГ) на различных этапах, как правило, из-за отсутствия причинно-следственной связи между неврологическими проявлениями субдуральной гематомы и травмой головы, полученной за несколько недель или даже месяцев до осмотра пациента. Клинически ХСДГ может проявляться имитацией множества неврологических заболеваний, и до того, как пациент будет направлен к нейрохирургу, он попадает в поле зрения различных специалистов, таких как неврологи, терапевты, травматологи и даже психиатры. Пациент получает непрофильное лечение, что непосредственно сказывается на послеоперационной летальности и инвалидизации больных с данной патологией.

Цель – описание редкого клинического случая атипичного течения ХСДГ.

Клинический случай. У женщины 54 лет после падения с лестницы высотой около 2 м спустя 1,5 мес после травмы развились угнетение сознания и тетрапарез до 2–3 баллов по шкале количественной оценки мышечной силы Совета по медицинским исследованиям (Medical research council Weakness scale). После обследования у пациентки верифицирована хроническая полушарная субдуральная гематома большого объема, поперечная дислокация срединных структур головного мозга – на 16 мм. Травма шейного отдела позвоночника была исключена. Пациентка была прооперирована, ХСДГ удалили из 2 фрезевых отверстий, добившись полного отмывания гематомы и в последующем полного восстановления двигательных функций у пациентки – исход 5 баллов по шкале исходов Глазго (Glasgow Outcome Scale, GOS).

Обсуждение. В приведенном случае атипичного течения ХСДГ травматического генеза основным методом лечения было хирургическое удаление ХСДГ мининвазивным методом с наложением 2 трепанационных отверстий с последующей эвакуацией ХСДГ.

Заключение. Проблема раннего обнаружения ХСДГ крайне актуальна. Тщательный сбор анамнеза, настороженность врачей смежных специальностей по данной проблеме, обязательное применение методов нейровизуализации (компьютерная и магнитно-резонансная томография) зачастую помогают правильно и своевременно поставить диагноз, вовремя начать лечение и повысить шанс больного на выздоровление, даже в случаях атипичного течения.

Ключевые слова: хроническая субдуральная гематома, атипичное течение, тетрасиндром, лечение

Для цитирования: Малышев О.Б., Агзамов И.М., Хрущ А.Л., Ширинский А.А. Вариант течения хронической субдуральной гематомы (наблюдение из практики). Нейрохирургия 2023;25(2):69–74. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-69-74

A variant of the course of chronic subdural hematoma (clinical case)

O.B. Malyshev, I.M. Agzamov, A.L. Khrushch, A.A. Shirinsky

N.I. Pirogov City Hospital No. 1; 19 Admiral Oktyabrsky Str., Sevastopol 299011, Russia

Contacts: Istam Mansurovich Agzamov istam@bk.ru

Introduction. Doctors of various specialties face difficulties in diagnosing chronic subdural hematomas (CSDH) at different stages, usually due to the lack of an evident causal relationship between neurological manifestations of subdural hematoma and the head injury sustained several weeks or even months prior to the patient's examination. Clinically, CSDH can mimic multiple neurological disorders, and before the patient is referred to a neurosurgeon, they might be inspected by various specialists such as neurologists, physicians, traumatologists and even psychiatrists. As a result, the patient initially does not receive specialized treatment, which directly affects postoperative mortality and disability in patients with this pathology.

Aim. In this paper we aim to describe a rare clinical case of atypical course of CSDH.

A clinical case. A 54-year-old woman, after falling from a ladder about 2 m high, 1.5 months after the injury, developed depression of consciousness and tetraparesis up to 2–3 points according to the Medical research council Weakness scale. After examination, the patient was verified to have a chronic hemispheric subdural hematoma of large volume, transverse dislocation of the median structures of the brain by 16 mm. An injury to the cervical spine was ruled out. The patient was operated on, HSDG was removed from 2 milling holes, achieving complete washing of the hematoma and, subsequently, complete restoration of motor functions in the patient – 5 point by Glasgow outcome scale (5-point Glasgow scale).

Discussion. This paper presents the results of treatment and observation of patients with atypical course of CSDH of traumatic origin. The main method of treatment is the surgical removal of chronic subdural hematoma by a minimally invasive method: the imposition of 2 trephination holes with removal by evacuation of CSDH.

Conclusion. The problem of early detection of chronic subdural hematomas is extremely relevant. Careful collection of anamnesis, the alertness of doctors of related specialties on this problem, the mandatory use of neuroimaging methods (computer and magnetic resonance imaging) will often help to correctly and timely diagnose, start treatment on time and increase the patient's chance of recovery, even in cases of atypical course.

Keywords: chronic subdural hematoma, atypical course, tetrasynndrome, treatment

For citation: Malyshev O.B., Agzamov I.M., Khrushch A.L., Shirinsky A.A. A variant of the course of chronic subdural hematoma (clinical case). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):69–74. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-69-74

ВВЕДЕНИЕ

Субдуральная гематома (СДГ) представляет собой скопление крови между мозгом и оболочками, окружающими его. Хроническая субдуральная гематома (ХСДГ) — полиэтиологическое объемное внутричерепное кровоизлияние, которое находится между твердой и паутинной мозговыми оболочками, вызывает местную или общую компрессию головного мозга, имеет капсулу, которая определяет все особенности церебральных патофизиологических реакций, клиническое течение и лечебную тактику [1–3].

По данным литературы, частота наблюдений ХСДГ в разных странах колеблется от 2 до 13 случаев (в среднем 7,4 случая) на 100 тыс. населения в год [4–8]. По данным российских авторов, среди хирургически значимых внутричерепных кровоизлияний ХСДГ составляют 12–25,5 % [9]. На их долю приходится до 7 % всех объемных образований головного мозга [10].

Наиболее частой причиной ХСДГ является травма головы, при этом она может быть незначительной и не сопровождаться потерей сознания, рвотой, судорогами или какими-либо другими посттравматическими симптомами. Часто травматический анамнез отсутствует или имеются сведения о незначительной травме головы [1, 11]. Клиническая манифестация ХСДГ возможна через 2 нед, а иногда месяцы и даже годы от предполагаемой черепно-мозговой травмы (ЧМТ) [12–14]. Более чем у 50 % пациентов в анамнезе присутствует алкоголизм, что, вероятно, объясняет трудности при выяснении происхождения и сроков травмы [15].

До широкого распространения компьютерной томографии (КТ) более чем у 30 % пациентов ХСДГ не была диагностирована до вскрытия. Среди наиболее часто встречающихся ошибочных диагнозов — инсульты, транзиторные ишемические атаки, опухоли мозга,

менингоэнцефалиты, алкогольные психозы, нейропатии различных видов, двигательные расстройства (парезы, параличи), дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭП) и различные расстройства высшей нервной деятельности (ВНД) [16, 17]. Проявления ХСДГ у людей с нарушениями психического статуса часто принимались за деменцию и прочие психические расстройства. Частота обнаружения ХСДГ среди психических и неврологических больных составляет 0,6–2,7 % [14].

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

В ГБУЗ «Городская больница № 1 им. Н.И. Пирогова» г. Севастополя под нашим наблюдением проходила лечение больная с атипичным течением ХСДГ.

Пациентка Я., 54 года, 21.02.2020 доставлена бригадой скорой помощи в приемное отделение ГБ № 1 им. Н.И. Пирогова из психоневрологического диспансера, где находилась на лечении с 09.02.2020 с органическими психоэмоциональными и поведенческими расстройствами на фоне злоупотребления алкоголем.

Из медицинской документации: «...пациентка около 3–4 нед назад упала в быту с лестницы (высота — около 2 м); сознание не теряла, общемозговая симптоматика отсутствовала, отмечались жалобы на болезненность в области шеи. Обследована и проконсультирована травматологом (краниография и рентгенография шейного отдела позвоночника в 2 проекциях), неврологом, терапевтом — признаки травмы шейного отдела позвоночника были исключены. Учитывая нарастающее ухудшение общего состояния (угнетение сознания до глубокого оглушения и появление нарушения движений в конечностях — тетрасиндрома), пациентка направлена в ГБ № 1 им. Н.И. Пирогова с диагнозом «закрытая вертебро-спинальная травма, ушиб спинного мозга (?), тетрапарез».

РЕЗУЛЬТАТЫ

В приемном отделении пациентку осмотрели узкие специалисты в составе собранного консилиума: невролога, терапевта, нейрохирурга.

Общее состояние расценивалось как тяжелое стабильное. Жалоб из-за угнетенного сознания и тяжести состояния активно не предъявляла. Кожа и видимые слизистые — бледно-розовые сухие. Дыхание самостоятельное, учащенное, проводится с 2 сторон, хрипов нет. Частота дыхательных движений — 20–22/мин, артериальное давление — 125/75 мм рт. ст., пульс — 86 ударов/мин. Живот мягкий, не вздут, на пальпацию не реагирует. Физиологические отправления самостоятельные, произвольные.

Неврологический статус: сознание — сопор, шкала комы Глазго (The Glasgow Coma Scale, GCS) — 10 баллов. Пациентка психоэмоционально возбудима, беспокойна. Вербальному контакту подлежит вяло: на вопросы не отвечает, команды не выполняет. На внешний болевой раздражитель реагирует гримасой и вялыми движениями в руках по типу отдергивания. Зрачки D = S, фотореакция живая. Корнеальные и конъюнктивальные рефлексы сохранены. Носогубные складки без явной асимметрии. Функция глотания и фонация сохранены, язык — в полости рта. Тетрапарез: сила мышц в руках оценивается в 3 балла по шкале количественной оценки мышечной силы Совета по медицинским исследованиям (Medical research council Weakness scale, MRC), сухожильно-периостальные рефлексы в руках D < S, вялые; сила мышц в ногах 2 балла, глубокие рефлексы высокие, слева выше. Положительный симптом Бабинского справа. Мышцы затылка ригидные. Координаторные пробы не выполняет из-за нарушенного сознания и имеющегося неврологического

дефицита в виде тетрасиндрома. Болевая чувствительность сохранена, на раздражитель вяло отдергивает конечности.

При локальном осмотре признаки повреждения мягких тканей волосистой части головы и лица не выявлены. При пальпации области остистых отростков шейного отдела позвоночника отмечается выраженная болезненность.

Предварительный диагноз консилиума: сочетанная травма. Закрытая ЧМТ. Ушиб головного мозга. Закрытая вертебро-спинальная травма. Ушиб спинного мозга. Переломы позвонков шейного отдела позвоночника (?).

Пациентке проведено КТ-обследование головного мозга, шейного и грудного отделов позвоночника.

КТ головного мозга (рис. 1): на серии снимков в костном режиме костно-травматических и костно-деструктивных изменений не выявлено; в мягкотканном режиме отмечается массивная ХСДГ над левыми лобно-теменно-височными областями размером 24 × 120 × 90 мм; признаки сдавления срединных структур головного мозга и латеральной дислокации вправо — до 1,6 см; боковые желудочки не увеличены, асимметричны, смещены вправо.

КТ шейного и грудного отделов позвоночника: на серии снимков в костном и мягкотканном режимах костно-травматических признаков, а также признаков сдавления невральных структур спинного мозга не выявлено.

Диагноз после обследования: закрытая ЧМТ (месячной давности). Сдавление головного мозга ХСДГ в левой лобно-теменно-височно-затылочной области. Дислокационный синдром с латеральным смещением срединных структур головного мозга вправо и сдавлением

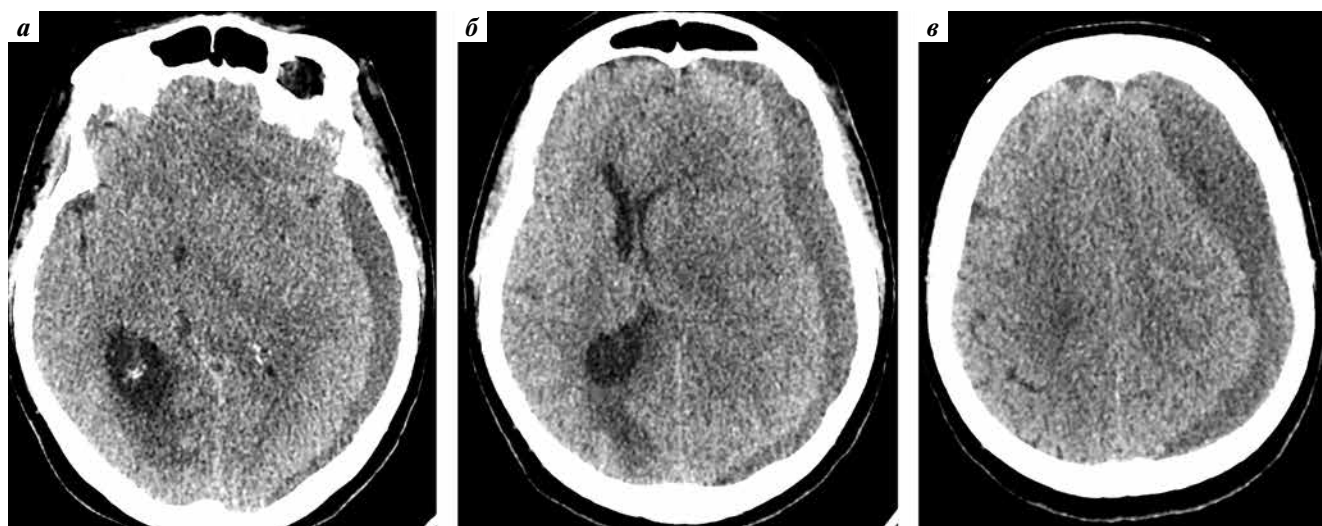


Рис. 1. Компьютерные томограммы головного мозга пациентки до операции: а, б, в — аксиальные снимки на различных уровнях с признаками хронической субдуральной гематомы над левым полушарием головного мозга и формированием поперечной дислокации до 1,6 см

Fig. 1. Cerebral computer tomograms of the patients brain before surgery: а, б, в — axial images at different levels with signs of chronic subdural hematoma over the left hemisphere of the brain and the formation of a transverse dislocation up to 1.6 cm

медуллярных структур. Тетрапарез. Дисторсия шейного отдела позвоночника. Энцефалопатия смешанного генеза.

Учитывая изложенное, а также опираясь на многочисленный опыт различных авторов, нами было принято решение о проведении оперативного лечения миниинвазивным доступом [18–20]: наложение 2 трепанационных отверстий в левой лобно-теменной и теменно-височной областях с эвакуацией ХСДГ над левым полушарием головного мозга. В срочном порядке проведена предоперационная подготовка, после чего пациентка доставлена в операционный блок.

Операция. Стандартная подготовка: в левой лобно-теменно-височной области произведен подковообразный разрез, поочередно наложены 2 трепанационных отверстия в левой лобно-теменной и теменно-височной областях. При ревизии: ТМО напряжена, синюшная, слабо передает мозговую пульсацию. После вскрытия ТМО отмечалось выделение темно-бурой жидкой массы СДГ под давлением. Посредством отмывания и последующей ревизии гематома эвакуирована полностью. Учитывая, что капсула гематомы была тонкой, было решено ограничиться данными костными дефектами и не удалять ее полностью. После удаления гематомы отмечались отчетливая пульсация мозга и его расправление.

В 1-е сутки после оперативного лечения пациентка находилась в отделении реанимации, общее состояние соответствовало раннему послеоперационному периоду, дыхание поддерживалось с помощью аппарата искусственной вентиляции легких, проводилась медикаментозная седация. К концу 1-х суток пациентка стала пробуждаться, ее экстубировали, сознание проявилось до оглушения (12 баллов по GCS); на 2-е сутки

отмечалось полное прояснение сознания (15 баллов по GCS), имелись признаки психомоторного и поведенческого расстройства, эйфорична, резко снижена критика собственного состояния, выраженные мнестические расстройства, тетрапарез сохранялся: в верхних конечностях — на 4–5 баллов по шкале MRC, в нижних — на 2–3 балла; на 3-е сутки полностью регрессировал верхний парапарез (сила мышц в руках — 5 баллов); поведенческие и психомоторные расстройства регрессировали на 5-е сутки, отмечался частичный регресс общемозговой симптоматики (сохранялись головокружение, периодическая головная боль); на 6–7-е сутки — полный регресс нижнего парапареза (сила мышц в ногах — 5 баллов). Пациентка активизирована, передвигалась по палате, самостоятельно справляла физиологические нужды. Послеоперационные раны затянулись первично, швы сняты на 10-е сутки.

Пациентка выписана на 12-е сутки после операции с полным регрессом тетрасиндрома, общемозговой и очаговой симптоматики. Отмечалось частичное сохранение расстройств ВНД: пациентка ориентирована в месте, времени и личности, но сохранялось снижение ассоциативного мышления и критики собственного состояния и заболевания. По шкале исходов Глазго (GOS) оценивалась на 5 баллов.

Контрольная КТ головного мозга, проведенная на 3-е сутки после операции (рис. 2): на серии снимков в костном режиме отмечаются 2 костных дефекта в левой лобно-теменной и теменно-височной областях размерами 30 × 25 мм и 30 × 35 мм; в мягкотканном режиме по сравнению с предыдущим исследованием отмечается положительная динамика в виде регресса смещения срединных структур головного мозга; боковые желудочки централизованы, симметричны; в левой лобной

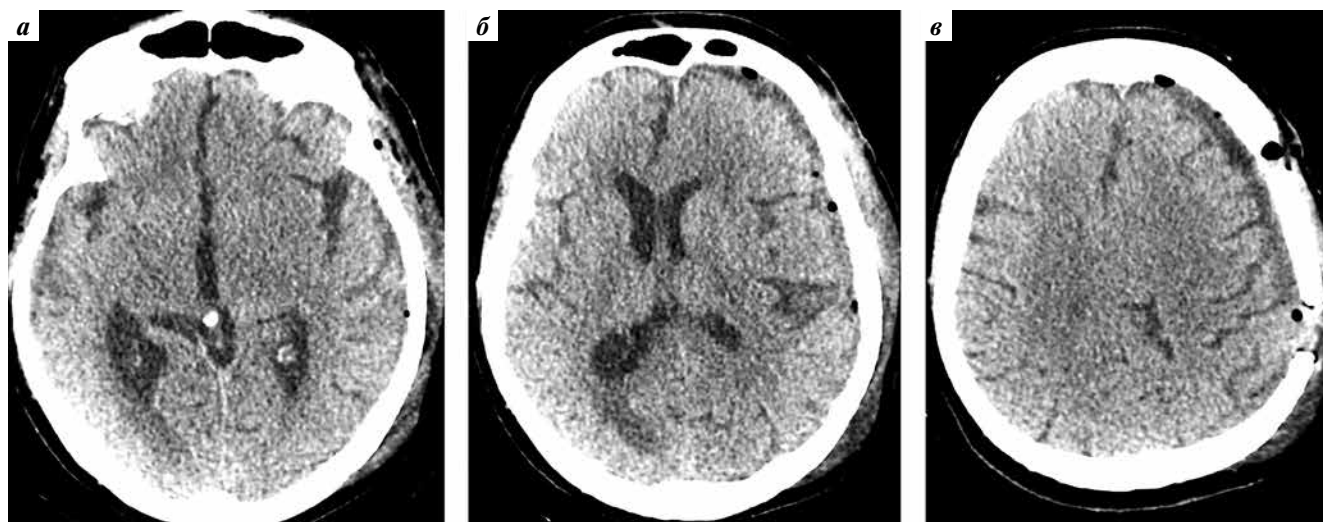


Рис. 2. Компьютерные томограммы головного мозга пациентки после операции (на 3-е сутки): а, б, в — аксиальные снимки на различных уровнях с признаками уменьшения степени поперечной дислокации и объема субдурального скопления над левым полушарием головного мозга

Fig. 2. Cerebral computer tomograms of the patient's brain after surgery (on the 3rd day): а, б, в — axial images at various levels with signs of a decrease in the degree of transverse dislocation and the volume of the subdural accumulation over the left hemisphere of the brain

области отмечаются остаточные геморрагические скопления размером до $5 \times 10 \times 15$ мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный случай отражает атипичное течение ХСДГ, имитирующее медуллярную компрессию в виде тетрапареза (сила мышц в руках оценивалась на 3 балла по шкале MRC, сухожильно-периостальные рефлексы в руках — D < S, вялые; сила мышц в ногах — 2 балла, глубокие рефлексы высокие, слева выше). Описанный случай является крайне редким проявлением данного заболевания [5, 9].

Зачастую атипичное течение ХСДГ не позволяет своевременно поставить правильный диагноз. В связи с этим диагностика СДГ остается сложной по настоящее время, что обусловлено зачастую (до 50 %) отсут-

ствием достоверного травматического анамнеза, недостаточной настороженностью вплоть до ее отсутствия смежных специалистов к данной проблеме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тщательный сбор анамнеза, настороженность врачей смежных специальностей к данной проблеме, обязательное применение методов нейровизуализации (КТ и МРТ) зачастую помогают правильно и своевременно поставить диагноз, вовремя начать лечение и повысить шанс больного на выздоровление, даже в случаях атипичного течения.

С учетом данных литературы и результатов собственных клинических наблюдений можно сделать вывод, что наиболее перспективными являются малоинвазивные методы удаления ХСДГ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Данчин А.А. Дифференцированное хирургическое лечение хронических субдуральных гематом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. К., 2001. 28 с.
Danchin A.A. Differentiated surgical treatment of chronic subdural hematomas. Abstract of the dis. ... cand. of med sciences. K., 2001. 28 p.
2. Коновалов А.Н., Лихтерман Л.Б., Потапов А.А. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Практическое пособие в 3 т. М.: Антидор, 1998–2002.
Konovalov A.N., Likhtermann L.B., Potapov A.A. Clinical guidelines for traumatic brain injury. A practical guide in 3 volumes. Moscow: Antidor. 1998–2002.
3. Полховский А.А. Ранняя диагностика, особенности течения и лечения хронических субдуральных гематом у больных пожилого и старческого возраста: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2007. 27 с.
Polkhovsky A.A. Early diagnosis, features of the course and treatment of chronic subdural hematomas in elderly and senile patients. Ранняя диагностика, особенности течения и лечения хронических субдуральных гематом у больных пожилого и старческого возраста: Abstract of the dis. ... cand. of med sciences. Moscow, 2007. 27 p.
4. Bradding P., Okayama Y., Howarth P. Heterogeneity of human mast cells based on cytokine content. *J Immunology*, 1995;155:297–307.
5. Cameron M.M. Chronic subdural hematoma: a review of 114 cases. *J Neurol Neurosurg. Psychiatry*, 1978;41:834–9. DOI: 10.1136/jnnp.41.9.834
6. Fogelholm R., Waltimo O. Epidemiology of chronic subdural haematoma. *Acta Neurochir* 1975;32(3–4):247–50. DOI: 10.1007/BF01405457
7. Kuwamura K., Kudoh H., Tomita H. et al. Epidemiologic aspect of chronic subdural hematoma. In: *Recent Advances in Neurotraumatology*/ Eds.: N. Nakamura, T. Hashimoto, M. Yasu. Springer-Verlag Tokyo, 1993. P. 450–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-4-431-68231-8>
8. Toriashi K., Sadamasa N., Yoshida K. et al. Independent predictors for recurrence of chronic subdural hematoma: review of 343 consecutive surgical cases. *Neurosurgery* 2008;63:1125–9. DOI: 10.3340/jkns.2015.57.4.266
9. Коновалов А.Н., Кравчук А.Д., Потапов А.А. и др. Минимально инвазивная хирургия хронических субдуральных гематом. В кн.: Коновалов А.Н., Потапов А.А., Лихтерман Л.Б. и др. Реконструктивная и минимально инвазивная хирургия последствий черепно-мозговой травмы. М.: Антидор, 2012. С. 226–283.
10. Коновалов А.Н., Кравчук А.Д., Потапов А.А. et al. Minimally invasive surgery for chronic subdural hematomas. In the book: Konovalov A.N., Potapov A.A., Likhtermann L.B. et al. *Reconstructive and minimally invasive surgery of the consequences of traumatic brain injury*. Moscow: Antidore, 2012. P. 226–283.
11. Потапов А.А., Лихтерман Л.Б., Кравчук А.Д. Хронические субдуральные гематомы. Монография. М., 1997. С. 231.
Potapov A.A., Likhtermann L.B., Kravchuk A.D. Chronic subdural hematomas. Monograph. Moscow, 1997. P. 231.
12. Iantosca M.R., Simon R.H. Chronic subdural hematoma in adult and elderly patients. *Neurosurg Clin N Am* 2000;11(3):447–54.
13. Фролова И.А., Фролов В.В. Судебно-медицинская оценка патоморфологии и этиологии субдуральных гематом. Судебная медицина 2015;1(2):51–52.
Frolova I.A., Frolov V.V. Forensic medical assessment of the pathomorphology and etiology of subdural hematomas. *Sudebnaya medicina = Forensic medicine* 2015;1(2):51–52.
14. Asghar M., Adhiyaman V., Greenway M.W. et al. Chronic subdural hematoma in the elderly — a North Wales experience. *J R Soc Med* 2002;95(6):290–2. DOI: 10.1258/jrsm.95.6.290
15. Sambasivan M. An overview of chronic subdural hematoma: experience with 2300 cases. *Surg Neurol* 1997;47(5):418–22. DOI: 10.1016/s0090-3019(97)00188-2
16. Малышев О.Б., Ющенко А.И., Вартанов С.В. и др. Возрастные аспекты хронических субдуральных гематом. Международный неврологический журнал 2012;4(50):82–8.
Malyshev O.B., Yushchenko A.I., Vartanov S.V. et al. Age aspects of chronic subdural hematomas. *Mezhdunarodny'j nevrologicheskij zhurnal = International neurological journal* 2012;4(50):82–8.
17. Arseni C., Stanciu M. Particular clinical aspects of chronic subdural hematoma in adults. *Eur Neurol* 1969;2(2):109–22. DOI: 10.1159/000113778
18. Kudo H., Kuwamura K., Izawa I. et al. Chronic subdural hematoma in elderly people. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1992;32(4):207–9. DOI: 10.2176/nmc.32.207
19. Агзамов М.К., Бахрамов А.А., Агзамов И.М. и др. Минимально инвазивное удаление внутричерепных гематом, обусловленных артериальной гипертензией. В кн.: Актуальные проблемы нейрохирургии. Ташкент, 2008. С. 182–183.
Agzamov M.K., Bahramov A.A., Agzamov I.M. et al. Minimally invasive removal of intracranial hematomas caused by arterial hypertension. In: *Actual problems of neurosurgery*. Tashkent, 2008. P. 182–183.
20. Иманалиев Е.З., Джумашев М.К., Ербулеков Е.И. Оперативное лечение хронических субдуральных гематом.

Нейрохирургия и неврология Казахстана, 2010;3(20):64–6.
 Imangaliev E.Z., Jumashev M.K., Erbulokov E.I. Surgical treatment of chronic subdural hematomas. Neyrokhirurgiya i nevrologiya Kazakhstana = Neurosurgery and neurology of Kazakhstan 2010;3(20):64–6.

20. Потапов А.А. Минимально инвазивная хирургия хронических субдуральных гематом. Нейрохирургия 1998;1:11–8.
 Potapov A.A. Minimally invasive surgery of chronic subdural hematomas. Neyrokhirurgiya = Neurosurgery 1998;1:11–8.

Вклад авторов

О.Б. Малышев: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, научное редактирование, написание текста статьи;
 И.М. Агзамов: проведение операции, курирование пациента, выполнение инструментальных диагностических исследований, анализ полученных данных, научное редактирование, написание текста статьи;
 А.Л. Хрущ, А.А. Ширинский: обзор публикаций по теме статьи, курирование пациента.

Contribution of the authors

O.B. Malyshev: research design development, data analysis, scientific editing, writing the text of the article;
 I.M. Agzamov: performing surgery, supervising the patient, performing instrumental diagnostic studies, analyzing the data obtained, scientific editing, writing the text of the article;
 A.L. Khrushch, A.A. Shirinsky: review of publications on the topic of the article, curating the patient.

ORCID авторов / Authors' ORCID

И.М. Агзамов / I.M. Agzamov: <https://orcid.org/0000-0002-8201-5219>
 О.Б. Малышев / O.B. Malyshev: <https://orcid.org/0000-0003-2030-0935>
 А.А. Ширинский / A.A. Shirinsky: <https://orcid.org/0000-0003-3539-1809>
 А.Л. Хрущ / A.L. Khrushch: <https://orcid.org/0009-0007-2259-1074>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Financing. The work was done without sponsorship.

Соблюдение прав пациента: Пациентка подписала информированное согласие на публикацию свои данных.

Compliance with the patient's rights: The patient has signed an informed consent to the publication of her data.

Статья поступила: 19.10.22. Принята к публикации: 26.01.2023.

Article submitted: 19.10.22. Accepted for publication: 26.01.2023.

РАЗВИТИЕ АНЕВРИЗМЫ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ НА ФОНЕ УСПЕШНОГО КОНСЕРВАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРОЛАКТИНОМЫ

М.А. Кутин¹, Л.И. Астафьева¹, И.В. Чернов¹, К.Г. Микеладзе¹, С.Б. Яковлев¹, А.Н. Лавренюк², А.Д. Донской¹, П.Л. Калинин¹

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

²ГБУЗ Нижегородской области «Городская клиническая больница № 39 Канавинского района Нижнего Новгорода»; Россия, 603028 Нижний Новгород, Московское ш., 144

Контакты: Илья Валерьевич Чернов ichernov@nsi.ru

Введение. Вопрос о сочетании аденом гипофиза и интракраниальных аневризм достаточно широко отражен в современной литературе. По данным различных авторов, распространенность подобного сочетания составляет в среднем 9 %. В основном встречается сочетание гормонально активных аденом гипофиза с аневризмами передней циркуляции: 69 % подобных аневризм происходят из сонной артерии. Работ, представляющих развитие аневризм после лечения пролактином, нами не найдено.

Цель работы – анализ и демонстрация лечения пациентов с развившейся аневризмой внутренних сонных артерий (ВСА) на фоне успешной консервативной терапии пролактиномы.

Материалы и методы. В данной статье проведен обзор литературы и представлены два клинических наблюдения пациентов, у которых развились аневризмы ВСА после успешного консервативного лечения пролактином.

Результаты. В обоих описанных случаях аневризмы ВСА с интраселлярным распространением развились после успешного консервативного лечения крупных инвазивных пролактином. В обоих случаях была выполнена окклюзия ВСА, а в одном случае также был наложен экстра-интракраниальный микроанастомоз.

Заключение. Представленные клинические случаи свидетельствуют о возможном прямом деструктивном воздействии опухолевой ткани на стенки сосудов. В настоящее время всем больным с аденомами, прорастающими в кавернозный синус, целесообразно проводить компьютерную томографическую ангиографию.

Ключевые слова: аденома гипофиза, церебральная аневризма, эндоваскулярная окклюзия аневризмы

Для цитирования: Кутин М.А., Астафьева Л.И., Чернов И.В. и др. Развитие аневризмы внутренней сонной артерии на фоне успешного консервативного лечения пролактиномы. Нейрохирургия 2023;25(2):75–82. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-75-82

Development of internal carotid artery aneurysm after successful conservative treatment of prolactinoma

M.A. Kutin¹, L.I. Astafyeva¹, I.V. Chernov¹, K.G. Mikeladze¹, S.B. Yakovlev¹, A.N. Lavrenyuk², A.D. Donskoy¹, P.L. Kalinin¹

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

²City Clinical Hospital No. 39 of Kanavinsky district of Nizhny Novgorod; Russia, 603028 Nizhny Novgorod, Moskovskoe Hwy, 144

Contacts: Ilya Valeryevich Chernov ichernov@nsi.ru

Background. The problem of concomitant pituitary adenomas and intracranial aneurysms is extensively covered in literature. According to various authors, the prevalence of such a combination of lesions is as high as 9 %, most commonly involving hormone-producing pituitary adenomas and aneurysms of the anterior circulation, up to 69 % of which originate from the carotid artery.

Aim. To analyze and demonstrate the treatment of patients with developed internal carotid artery aneurysm (ICA) against the background of successful conservative therapy of prolactinoma.

Materials and methods. In this article we review the literature and present two clinical cases of patients with development of internal carotid artery (ICA) aneurysms after successful conservative treatment of prolactinomas.

Results. In both of the described cases, ICA aneurysms with intrasellar extension developed after successful conservative treatment of large invasive prolactinomas. In both cases ICA occlusion were performed and in one of them extra-intracranial bypass surgery was performed as well.

Conclusion. The presented clinical cases suggest potential direct destructive effect of tumor tissue on vessel walls. Currently, it seems reasonable to carry out computed tomography angiography in all patients with adenomas invading the cavernous sinus.

Keywords: pituitary adenoma, cerebral aneurysm, endovascular aneurysm occlusion

For citation: Kutin M.A., Astafyeva L.I., Chernov I.V. et al. Development of internal carotid artery aneurysm after successful conservative treatment of prolactinoma. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):75–82. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-75-82

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о сочетании аденом гипофиза и интракраниальных аневризм достаточно широко отражен в современной литературе. По данным различных авторов, распространенность подобного сочетания составляет в среднем 9 % [1–6]. В основном встречается сочетание гормонально активных аденом гипофиза с аневризмами передней циркуляции: 69 % таких аневризм происходят из сонной артерии [1, 2, 6–20]. Реже наблюдаются интраселлярные аневризмы, которые могут быть смежными с опухолью, несмежными и включенными в опухоль [6, 14–16, 21]. Чаще всего удается выявить аневризму одновременно с опухолью гипофиза и с учетом этого определить адекватную тактику лечения. Иногда и опухоль, и аневризма выявляются ввиду разрыва последней, что может привести к кровоизлиянию в опухоль, носовому кровотечению, формированию каротидно-кавернозного соустья или субарахноидальному кровоизлиянию при разрушении структур основания черепа опухолью [3, 22–26]. Чаще всего с аневризмами сочетаются соматотропиномы и пролактиномы [1–6]. Последние составляют около 40 % от всех аденом гипофиза, и методом выбора их лечения является терапия агонистами дофамина (в частности, каберголином 1,8 %), эффективность которых составляет около 80 % [27]. Среди осложнений консервативного лечения пролактином встречаются на-

зальная ликворея, фиброз легких, констриктивный перикардит [28–30].

Мы описываем 2 клинических случая развития аневризм кавернозного сегмента внутренней сонной артерии (ВСА) после успешного консервативного лечения пролактином. Истинные причины формирования подобных аневризм неизвестны. Нам не встречались публикации, описывающие подобное сочетание или обсуждавшие возможное частичное разрушение стенки сосуда опухолью в области формирования аневризмы.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

Пациентка К., 65 лет, с 2009 г. получает каберголин в максимальной дозе 2 мг/нед по поводу гигантской пролактиномы (исходный уровень пролактина крови 289 656 мЕд/л (40–530)), выявленной ввиду головных болей и зрительных нарушений (OD (oculus dexter) — счет пальцев, OS (oculus sinister) — 0,9; поле зрения: OD — в узком поле в носовой половине, центральное зрение нарушено, OS — сужение в височной половине на все цвета) (рис. 1).

В течение 4 мес после начала терапии пролактиномы отмечены нормализация уровня пролактина в крови (410 мМЕд/мл) и уменьшение размеров опухоли. К 2013 г. опухоль практически полностью регрессировала, сформировалось вторично пустое турецкое седло, острота зрения улучшилась до 0,6 справа и 0,7 слева при нормальном поле зрения (рис. 2).

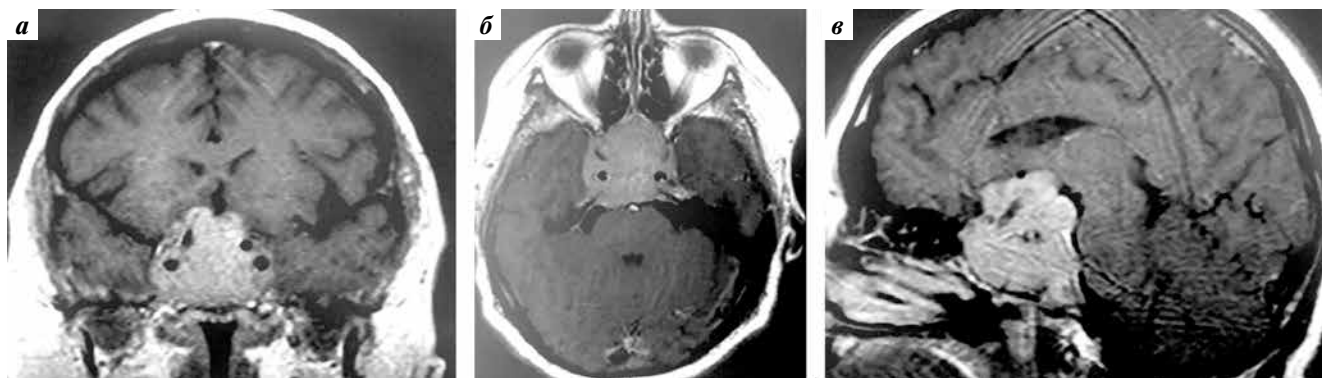


Рис. 1. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки К. до начала терапии агонистами дофамина во фронтальной (а), аксиальной (б) и сагиттальной (в) проекциях. Определяется инвазивно растущая опухоль гипофиза крупных размеров

Fig. 1. Magnetic resonance imaging of the brain of patient K. before the start of therapy with dopamine agonists in frontal (a), axial (b) and sagittal (c) projections. An invasively growing pituitary tumor of large size is determined

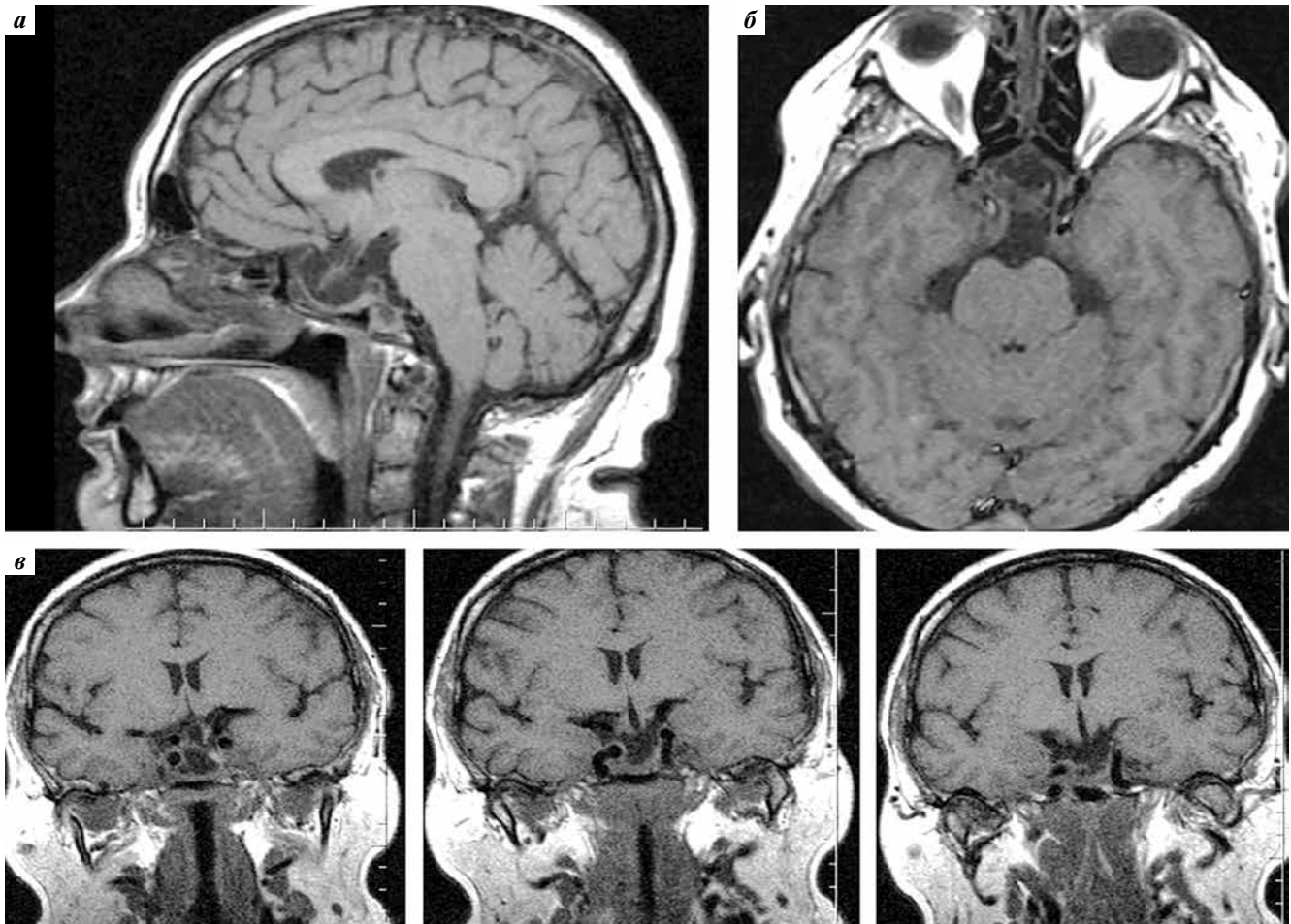


Рис. 2. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки К. через 4 года после начала терапии каберголином в сагиттальной (а), аксиальной (б) и фронтальных (в) проекциях

Fig. 2. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient K. 4 years after the start of cabergoline therapy in sagittal (a), axial (b) and frontal (c) projections

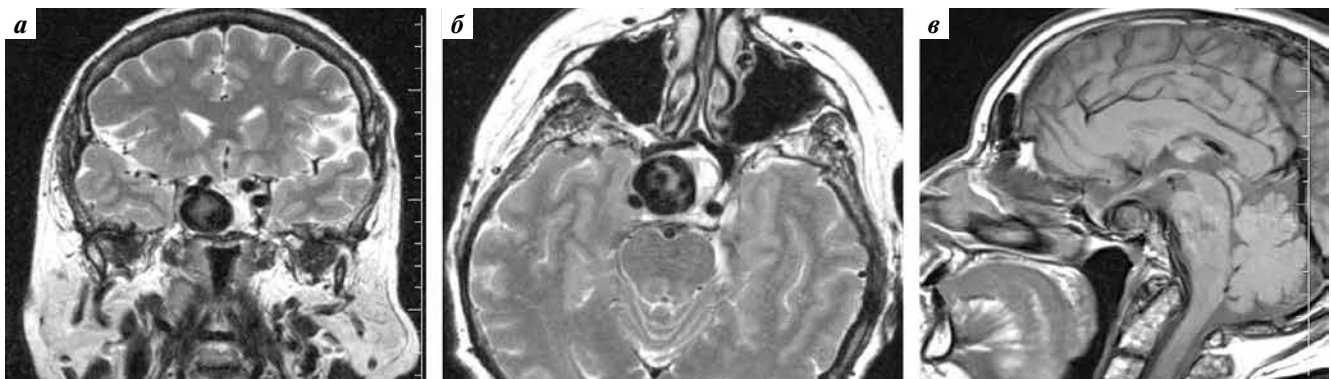


Рис. 3. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациентки К. от 2019 г. во фронтальной (а), аксиальной (б) и сагиттальной (в) проекциях. Определяется эндо-супралатероселлярное образование

Fig. 3. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient K. from 2019 in frontal (a), axial (b) and sagittal (c) projections. Determined by endosupratentorial formation

В 2019 г. (весь предыдущий период пациентка принимала каберголин и наблюдалась по месту жительства) при плановом обследовании на МРТ по месту жительства выявлено эндо-супралатероселлярное образование, расцененное как прогрессия опухоли, в связи с чем паци-

ентке была увеличена дозировка каберголина при нормальных значениях пролактина (рис. 3).

В конце 2020 г. пациентке из-за прогрессирующего снижения зрения (ОД — счет пальцев у лица на ограниченном участке в височной половине парацентрально,

ОС — 0,9) была выполнена спиральная компьютерная томографическая ангиография (СКТ-АГ), при которой выявлена гигантская аневризма кавернозного сегмента правой ВСА (рис. 4), с которой пациентка поступила в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко для эндоваскулярного лечения.

Пациентке планировалась установка поток-перенаправляющего стента, однако попытки катетеризации правой ВСА дистальнее гигантской аневризмы в ходе двух операций не увенчались успехом из-за сложных анатомических характеристик аневризмы и несущей артерии. При этом определена недостаточность коллатерального кровотока по задней соединительной артерии. На фоне консервативной гормональной терапии гидрокортизоном после второй неудачной попытки эндоваскулярного лечения у пациентки развился острый психоз с бредовой симптоматикой. С интервалом 2 нед после стабилизации состояния пациентке проведены превентивное наложение экстра-интракраниального микроанастомоза и окклюзия ВСА на уровне аневризмы (рис. 5). После операции пациентка находится в удовлетворительном состоянии без динамики в неврологическом статусе.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

Пациенту М., 58 лет, в 2007 г. на фоне зрительных нарушений и гипопитуитаризма была выполнена МРТ, при которой выявлена крупная инвазивно растущая аденома гипофиза (рис. 6).

Ввиду повышенного уровня пролактина (более 5000 мЕд/л, точные цифры неизвестны) пациенту назначен каберголин 1 мг/нед с положительным эффектом в виде уменьшения размеров опухоли и нормализации уровня пролактина в крови (рис. 7).

С 2020 г. (через 13 лет непрерывной терапии каберголином, с 2008 г. пациент не наблюдался) у пациента развился амавроз справа и снизилось зрение слева до 0,6

(с коррекцией) с выпадением височной половины поля. При СКТ-АГ выявлена гигантская частично тромбированная аневризма кавернозного сегмента правой ВСА (рис. 8).

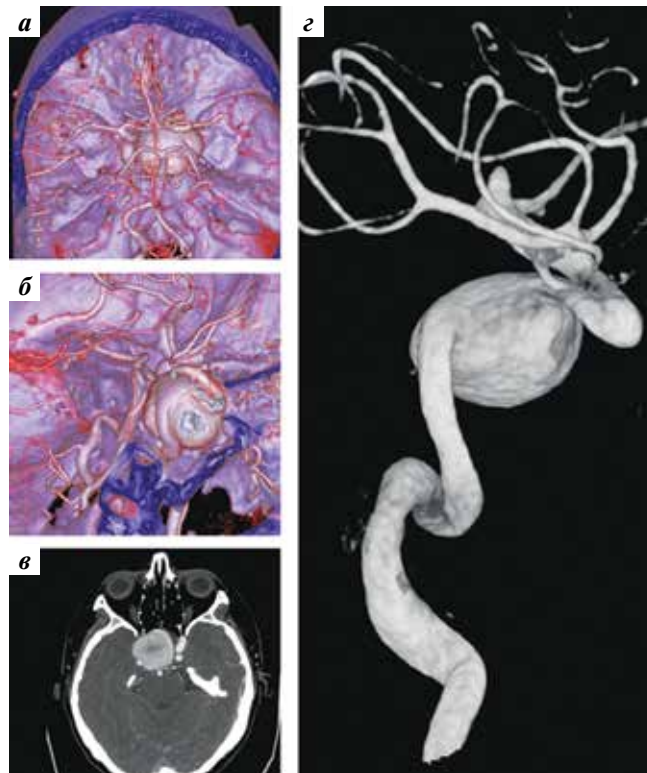


Рис. 4. Гигантская аневризма кавернозного сегмента правой ВСА, выявленная у пациентки К.: а–в — спиральные компьютерные томографические ангиограммы; г — 3D-ангиограммы правой внутренней сонной артерии

Fig. 4. Giant aneurysm of the cavernous segment of the right ICA detected in patient K.: а–в — spiral computed tomography angiograms; г — 3D angiography of the right internal carotid artery

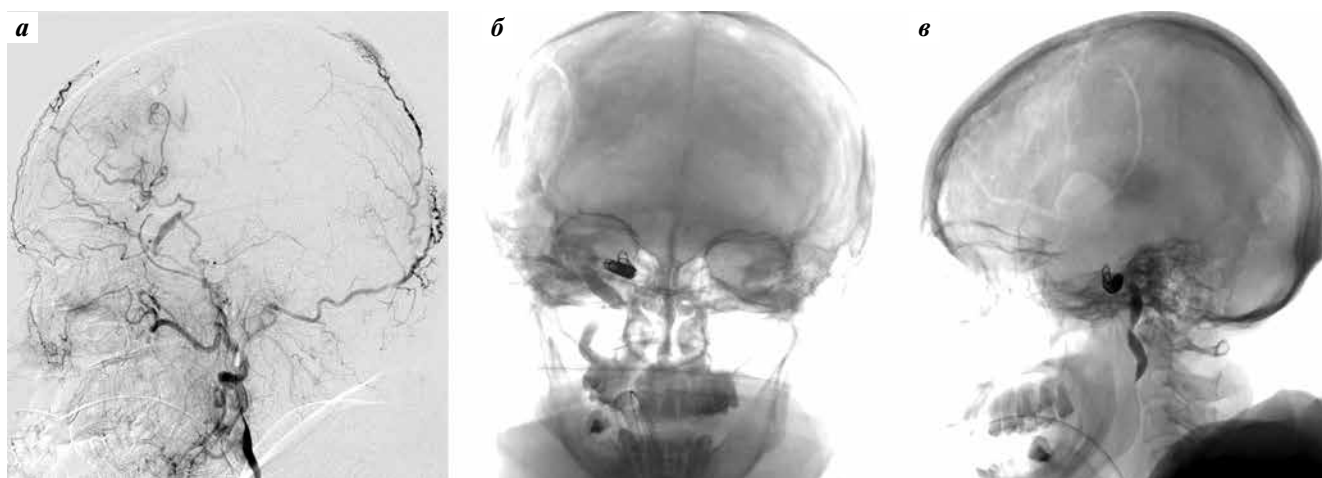


Рис. 5. Ангиограммы сосудов головного мозга пациентки К.: а — правой общей и наружной сонных артерий после наложения экстра-интракраниального микроанастомоза; б, в — правой внутренней сонной артерии после проведения деконструктивной операции (окклюзия микроспиралями)

Fig. 5. Angiograms of the cerebral vessels of patient K.: а — the right common and external carotid arteries after extra-intracranial bypass; б, в — the right internal carotid artery after deconstructive surgery (occlusion with microspirals)

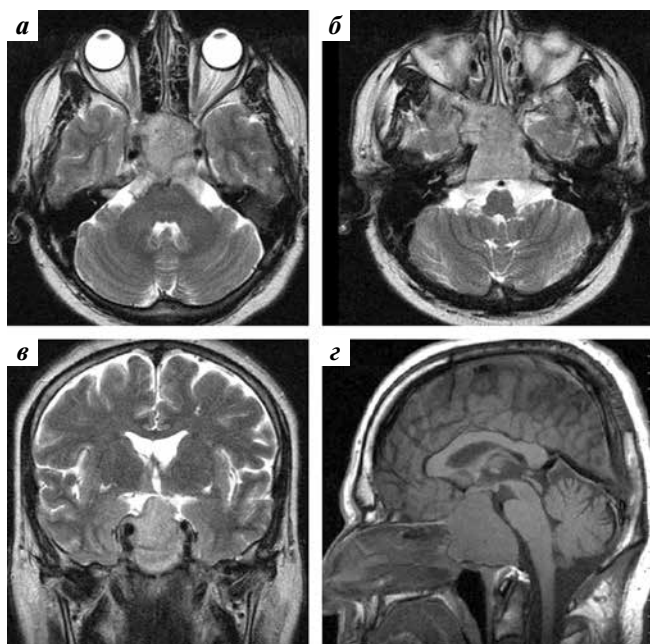


Рис. 6. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациента М. до начала терапии каберголином в аксиальной (а, б), фронтальной (в) и сагиттальной (г) проекциях. Определяется инвазивно растущая опухоль гипофиза крупных размеров

Fig. 6. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient M. prior to cabergoline therapy in axial (a, б), frontal (в) and sagittal (г) projections. An invasively growing pituitary tumor of large size is determined

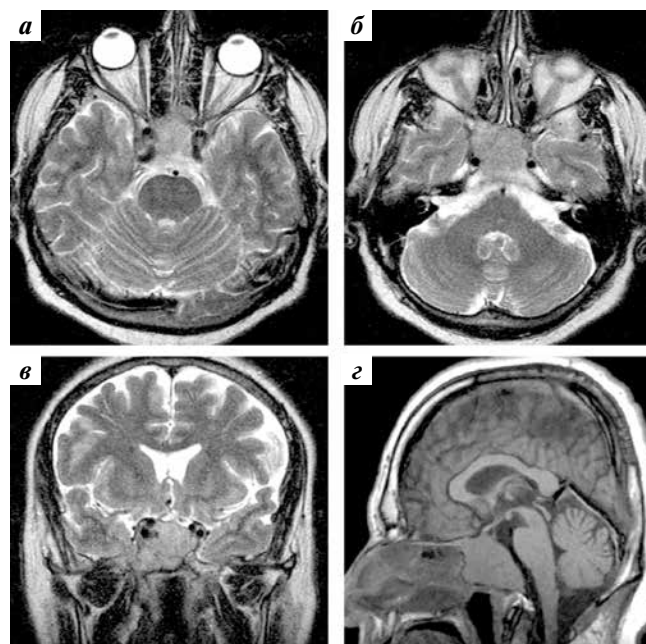


Рис. 7. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга пациента М. через 3 мес после начала терапии каберголином в аксиальной (а, б), фронтальной (в) и сагиттальной (г) проекциях. Отмечается уменьшение размеров опухоли

Fig. 7. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient M. 3 months after the start of cabergoline therapy in axial (a, б), frontal (в) and sagittal (г) projections. There is a decrease in the size of the tumor

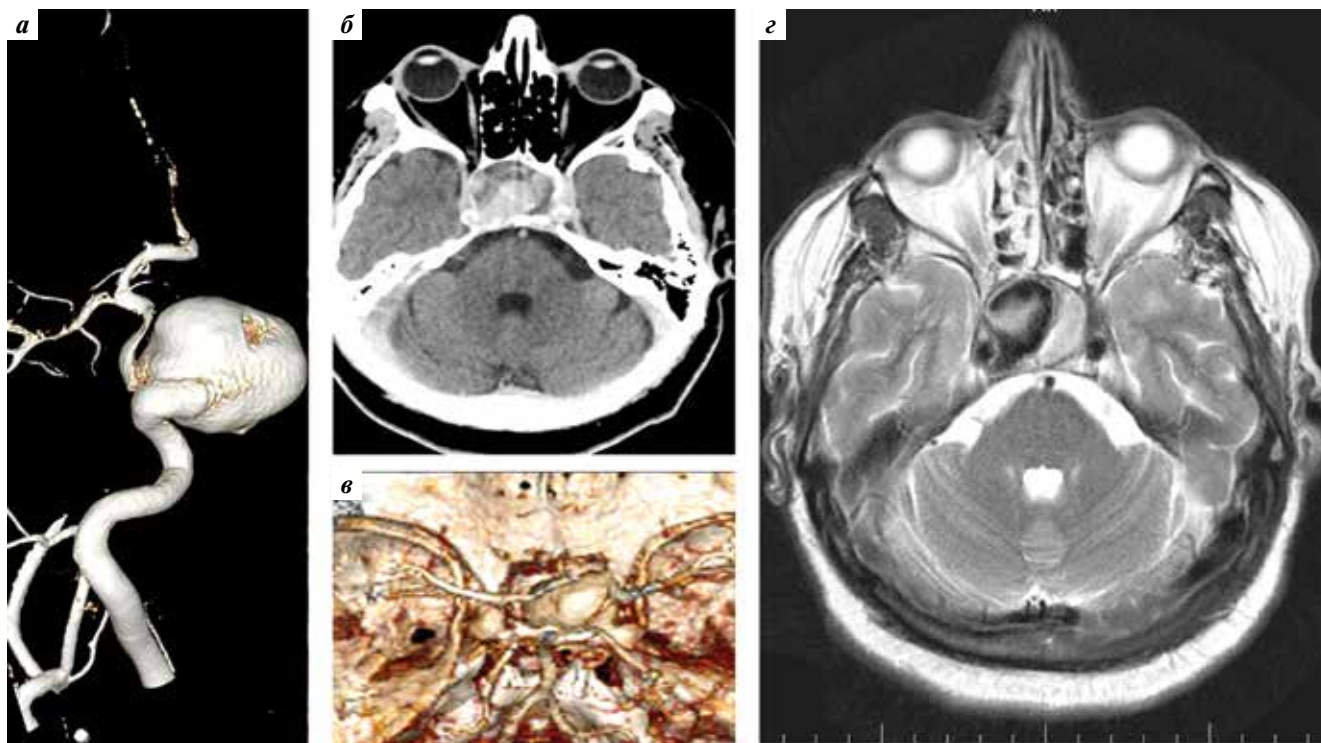


Рис. 8. Гигантская частично тромбированная аневризма кавернозного сегмента правой внутренней сонной артерии, выявленная у пациента М.: а — 3D-ангиограммы правой внутренней сонной артерии; б, в — спиральные компьютерные томографические ангиограммы; г — магнитно-резонансная томограмма в режиме T2 в аксиальной проекции

Fig. 8. Giant partially thrombosed aneurysm of the cavernous segment of the right internal carotid artery, detected in patient M.: а — 3D angiograms of the right internal carotid artery; б, в — spiral computed tomographic angiograms; г — magnetic resonance tomogram in T2 mode in axial projection



Рис. 9. Ангиограмма правой внутренней сонной артерии после проведения деконструктивной операции (окклюзия микроспиралью)

Fig. 9. Angiogram of the right internal carotid artery after reconstructive surgery (microspiral occlusion)

Учитывая анатомо-топографические особенности аневризмы (практически полную дисплазию стенки сосуда, острый угол отхождения ВСА дистальнее аневризмы), выполнить реконструктивную операцию с использованием поток-перенаправляющего стента не удалось, в связи с чем решено провести деконструктивную операцию. Функциональные пробы — передняя и задняя соединительные артерии развиты хорошо. Произведена деконструкция с помощью микроспиралей (рис. 9).

На 3-и сутки после операции пациент выписан в удовлетворительном состоянии без динамики в неврологическом статусе.

ОБСУЖДЕНИЕ

В обоих описанных случаях интраселлярно распространяющаяся аневризма ВСА развивалась после успешного медикаментозного лечения инвазивно растущих крупных пролактином. Механизм действия агонистов дофамина основан на прямом связывании препарата с рецепторами дофамина 2-го типа лактотрофных опухолевых клеток, приводя к подавлению клеточной пролиферации [31–33], уменьшению размеров опухоли и снижению уровня пролактина в крови [34, 35]. В 40 % случаев аденомы гипофиза, в частности пролактиномы, обладают инвазивным ростом — опухоли могут прорасти в любом направлении из турецкого седла, поражая кавернозный синус, кости и твердую мозговую оболочку [36, 37]. Инвазия в окружающие структуры обусловлена влиянием таких факторов, как наличие дизинтегрин и металлопротеиназы, трансформирующих фактор роста опухоли, эндотелиальный

фактор роста сосудов и др., ввиду чего теоретически существует возможность поражения опухолью стенки ВСА, что является одной из теорий возникновения единовременно сочетающихся интраселлярных аневризм и аденом гипофиза наравне с такими факторами, как местный циркуляторный стресс, эндокринное воздействие и механический эффект [3, 38, 39]. В случаях, представленных в статье, вероятнее всего, аденома гипофиза частично разрушила стенку ВСА, а после уменьшения опухоли исчезла ее каркасная функция, в результате чего возникла предрасположенность для возникновения аневризмы.

В подобных случаях крайне актуальным становится верная интерпретация объемного процесса хиазмально-селлярной области, поскольку специфический анамнез сразу наводит на мысль о приобретении фармакорезистентности и продолженном росте опухоли или о кровоизлиянии в остатки опухоли. Отличить аневризму от опухоли по МРТ позволяет наличие симптома потери сигнала (flow void) от кровотока на T1- и T2-взвешенных изображениях, однако при наличии тромбоза аневризмы дифференциальный диагноз может быть затруднен и в таких случаях оптимально выполнить СКТ-АГ.

Тактика лечения интраселлярных аневризм зависит от их размера и формы. Возможны как деконструктивные операции при адекватном коллатеральном кровотоке [25, 26, 40], так и сосудосохраняющие операции в виде койлинга или установки поток-перенаправляющего стента при условии подходящих анатомических особенностей [41]. В описанных нами случаях при проведении селективной ангиографии интраоперационно обращали на себя внимание практически полная дисплазия ВСА на уровне аневризм, крайне неблагоприятные анатомические характеристики аневризмы, включая угол отхождения ВСА дистальнее аневризм, что, в свою очередь, не позволило провести реконструктивную операцию с использованием поток-перенаправляющих стентов, и в результате были выполнены деконструктивные операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные клинические случаи позволяют предполагать непосредственное деструктивное воздействие ткани опухоли на стенку сосуда. Два наблюдения не позволяют с уверенностью судить о том, характерно ли это только для пролактина, либо это возможно при любой гормональной активности опухоли, что, в свою очередь, заставляет очередной раз задуматься о механизмах формирования аневризм кавернозного сегмента ВСА при инвазии аденом гипофиза в кавернозный синус. Возможно, строение стенки подобных аневризм отличается от аневризм, вызванных другими причинами. Также эти два клинических наблюдения позволяют предполагать наличие истончений стенок ВСА при инвазии опухоли в кавернозный синус

и отсутствии изменений ВСА по МРТ и СКТ-АГ, что, в свою очередь, повышает риск разрыва стенки ВСА при удалении опухолей из кавернозного синуса.

На настоящем этапе представляется обоснованным проводить СКТ-АГ всем пациентам с инвазией

аденом в кавернозный синус, при удалении опухолей из кавернозного синуса подразумевать возможность разрыва стенки ВСА после удаления опухоли, выполняющей «каркасную» функцию, или формирования аневризмы в послеоперационном периоде.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Pant B., Arita K., Kurisu K. et al. Incidence of intracranial aneurysm associated with pituitary adenoma. *Neurosurg Rev* 1997;20(1):13–7. DOI: 10.1007/BF01390519
- Housepian E.M., Pool J.L. A systematic analysis of intracranial aneurysms from the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956. *J Neuropathol Exp Neurol* 1958;17(3):409–23. DOI: 10.1097/00005072-195807000-00001
- Imamura J., Okuzono T., Okuzono Y. Fatal epistaxis caused by rupture of an intratumoral aneurysm enclosed by a large prolactinoma – case report. *Neurol Med Chir* 1998;38(10):654–6. DOI: 10.2176/nmc.38.654
- Manara R., Maffei P., Citton V. et al. Increased rate of intracranial saccular aneurysms in acromegaly: an MR angiography study and review of the literature. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96(5):1292–300. DOI: 10.1210/jc.2010-2721
- Onishi H., Ito H., Kuroda E. et al. Intracranial mycotic aneurysm associated with transsphenoidal surgery to the pituitary adenoma. *Surg Neurol* 1989;31(2):149–54. DOI: 10.1016/0090-3019(89)90330-3
- Oh M.C., Kim E.H., Kim S.H. Coexistence of intracranial aneurysm in 800 patients with surgically confirmed pituitary adenoma. *J Neurosurg* 2012;116(5):942–7. DOI: 10.3171/2011.12.JNS11875
- Xia X., Ramanathan M., Orr B.A. et al. Expanded endonasal endoscopic approach for resection of a growth hormone-secreting pituitary macroadenoma coexistent with a cavernous carotid artery aneurysm. *J Clin Neurosci* 2012;19(10):1437–41. DOI: 10.1016/j.jocn.2011.11.032
- Berker M., Aghayev K., Saatci I. et al. Overview of vascular complications of pituitary surgery with special emphasis on unexpected abnormality. *Pituitary* 2010;13(2):160–7. DOI: 10.1007/s11102-009-0198-7
- Bulsara K., Karavadia S., Powers C., Paullus W. Association between pituitary adenomas and intracranial aneurysms: an illustrative case and review of the literature. *Neurol India* 2007;55(4):410. DOI: 10.4103/0028-3886.33307
- Curto L., Squadrato S., Almoto B. et al. MRI finding of simultaneous coexistence of growth hormone-secreting pituitary adenoma with intracranial meningioma and carotid artery aneurysms: report of a case. *Pituitary* 2007;10(3):299–305. DOI: 10.1007/s11102-007-0011-4
- Fujiwara S., Fujii K., Nishio S., Fukui M. Diagnosis and treatment of pituitary adenoma with adjacent carotid artery aneurysm. *J Neurosurg Sci* 1991;35(1):41–6.
- Hori T., Muraoka K., Hokama Y. et al. A growth-hormone-producing pituitary adenoma and an internal carotid artery aneurysm. *Surg Neurol* 1982;18(2):108–11. DOI: 10.1016/0090-3019(82)90366-4
- Revelta R., Arriada-Mendicoa N., Ramirez-Alba J., Soto-Hernandez J.L. Simultaneous treatment of a pituitary adenoma and an internal carotid artery aneurysm through a supraorbital keyhole approach. *Minim Invasive Neurosurg* 2002;45(2):109–11. DOI: 10.1055/s-2002-32488
- Seda Jr L., Cukiert A., Nogueira K.C. et al. Intracavernous internal carotid aneurysm coexisting with GH-secreting pituitary adenoma in an acromegalic patient. *Arq Neuropsiquiatr* 2008;66(1):99–100. DOI: 10.1590/S0004-282X2008000100026
- Yamada S., Yamada S.M., Hirohata T. et al. Endoscopic extracapsular removal of pituitary adenoma: the importance of pretreatment of an adjacent unruptured internal carotid artery aneurysm. *Case Rep Neurol Med* 2012;2012:1–3. DOI: 10.1155/2012/891847
- Sade B., Mohr G., Tampieri D., Rizzo A. Intracavernous aneurysm and a growth hormone-secreting pituitary macroadenoma. *J Neurosurg* 2004;100(3):557–9. DOI: 10.3171/jns.2004.100.3.0557
- Salpietro F.M., Longo M., Alafaci C. et al. Co-existing pituitary tumour and intracavernous asymptomatic aneurysm: management implications. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139(8):791–2. DOI: 10.1007/BF01420056
- Tsuchida T., Tanaka R., Yokoyama M., Sato H. Rupture of anterior communicating artery aneurysm during transsphenoidal surgery for pituitary adenoma. *Surg Neurol* 1983;20(1):67–70. DOI: 10.1016/0090-3019(83)90110-6
- Li M.-H., Cheng Y.-S., Li Y.-D. et al. Large-cohort comparison between three-dimensional time-of-flight magnetic resonance and rotational digital subtraction angiographies in intracranial aneurysm detection. *Stroke* 2009;40(9):3127–9. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.553800
- Wanke I., Doerfler A., Stolke D., Forsting M. Carotid cavernous fistula due to a ruptured intracavernous aneurysm of the internal carotid artery: treatment with selective endovascular occlusion of the aneurysm. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001;71(6):784–7. DOI: 10.1136/jnnp.71.6.784
- Sasagawa Y., Tachibana O., Shiraga S. et al. [A clinical feature and therapeutic strategy in pituitary adenomas associated with intracranial aneurysms.] *No Shinkei Geka* 2012;40(1):15–21 (in Japanese). DOI: 22223518
- Nakahara M., Uozumi Y., Chiba Y. et al. Direct carotid cavernous fistula due to rupture of a cavernous carotid aneurysm embedded within a prolactinoma after cabergoline administration. *World Neurosurg* 2019;122:495–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.071
- Peng Z., Tian D., Wang H. et al. Epistaxis and pituitary apoplexy due to ruptured internal carotid artery aneurysm embedded within pituitary adenoma. *Int J Clin Exp Pathol* 2015;8(11):14189–97.
- Khalsa S.S., Hollon T.C., Shastri R. et al. Spontaneous subarachnoid hemorrhage due to ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm after medical prolactinoma treatment. *BMJ Case Rep* 2016;2016:bcr2016012446. DOI: 10.1136/bcr-2016-012446
- Suzuki H., Muramatsu M., Murao K. et al. Pituitary apoplexy caused by ruptured internal carotid artery aneurysm. *Stroke* 2001;32(2):567–9. DOI: 10.1161/01.STR.32.2.567
- Khalsa S.S., Hollon T.C., Shastri R. et al. Spontaneous subarachnoid hemorrhage due to ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm after medical prolactinoma treatment. *J Neurointerv Surg* 2017;9(3):e9. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012446.rep
- Gillam M.P., Molitch M.E., Lombardi G., Colao A. Advances in the treatment of prolactinomas. *Endocr Rev* 2006;27(5):485–534. DOI: 10.1210/er.2005-9998
- Bhatt M.H., Keenan S.P., Fleetham J.A., Calne D.B. Pleuropulmonary disease associated with dopamine agonist therapy. *Ann Neurol* 1991;30(4):613–6. DOI: 10.1002/ana.410300416
- Delgrange E., Daems T., Verhelst J. et al. Characterization of resistance to the prolactin-lowering effects of cabergoline in macroprolactinomas: a study in 122 patients. *Eur J Endocrinol* 2009;160(5):747–52. DOI: 10.1530/EJE-09-0012

30. Ling L.H., Ahlskog J.E., Munger T.M. et al. Constrictive pericarditis and pleuropulmonary disease linked to ergot dopamine agonist therapy (Cabergoline) for Parkinson's disease. *Mayo Clin Proc* 1999;74(4):371–5. DOI: 10.4065/74.4.371
31. Usiello A., Baik J.-H., Rougé-Pont F. et al. Distinct functions of the two isoforms of dopamine D2 receptors. *Nature* 2000;408(6809):199–203. DOI: 10.1038/35041572
32. Lin S., Zhang A., Zhang X., Wu Z.B. Treatment of pituitary and other tumours with cabergoline: new mechanisms and potential broader applications. *Neuroendocrinology* 2020;110(6):477–88. DOI: 10.1159/000504000
33. Spada A., Nicosia S., Cortelazzi L. et al. In vitro studies on prolactin release and adenylate cyclase activity in human prolactin-secreting pituitary adenomas. Different sensitivity of macro- and microadenomas to dopamine and vasoactive intestinal polypeptide. *J Clin Endocrinol Metab* 1983;56(1):1–10. DOI: 10.1210/jcem-56-1-1
34. Lin S.J., Leng Z.G., Guo Y.H. et al. Suppression of mTOR pathway and induction of autophagy-dependent cell death by cabergoline. *Oncotarget* 2015;6(36):39329–41. DOI: 10.18632/oncotarget.5744
35. Leng Z.G., Lin S.J., Wu Z.R. et al. Activation of DRD5 (dopamine receptor D5) inhibits tumor growth by autophagic cell death. *Autophagy* 2017;13(8):1404–19. DOI: 10.1080/15548627.2017.1328347
36. Yang Q., Li X. Molecular network basis of invasive pituitary adenoma: a review. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2019;10:7. DOI: 10.3389/fendo.2019.00007
37. Wang J., Zhang Z., Li R. et al. ADAM12 induces EMT and promotes cell migration, invasion and proliferation in pituitary adenomas via EGFR/ERK signaling pathway. *Biomed Pharmacother* 2018;97:1066–77. DOI: 10.1016/j.biopha.2017.11.034
38. Soni A., De Silva S.R., Allen K. et al. A case of macroprolactinoma encasing an internal carotid artery aneurysm, presenting as pituitary apoplexy. *Pituitary* 2008;11(3):307–11. DOI: 10.1007/s11102-007-0063-5
39. Chuang C.C., Chen Y.L., Pai P.C. A giant intracavernous carotid artery aneurysm embedded in pituitary macroadenoma presenting with pituitary apoplexy. *Cerebrovasc Dis* 2006;21(1-2):142–4. DOI: 10.1159/000090450
40. Peng Z., Tian D., Wang H. et al. Epistaxis and pituitary apoplexy due to ruptured internal carotid artery aneurysm embedded within pituitary adenoma. *Int J Clin Exp Pathol* 2015;8(11):14189–97. DOI: 26823732
41. Sun Y., Wan B., Li Q. et al. Endovascular treatment for cavernous carotid aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2020;29(6):104808. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104808

Вклад авторов

М.А. Кутин: концептуализация, написание методологии, рецензирование, редактирование;
 Л.И. Астафьева: написание статьи, рецензирование, редактирование;
 И.В. Чернов: концептуализация, методология, написание и подготовка первоначальной статьи, визуализация, исследование литературы;
 К.Г. Микеладзе: программное обеспечение, визуализация, исследование литературы;
 С.Б. Яковлев: написание статьи, рецензирование, редактирование;
 А.Н. Лавренюк: написание статьи, рецензирование и редактирование;
 А.Д. Донской: написание и подготовка первоначальной статьи, исследование литературы;
 П.Л. Калинин: концептуализация, методология, супервайзинг, написание, рецензирование, редактирование.

Author's contribution

M.A. Kutin: conceptualization, methodology writing, reviewing, editing;
 L.I. Astafyeva: writing an article, reviewing, editing;
 I.V. Chernov: conceptualization, methodology, writing and preparation of the initial article, visualization, literature research;
 K.G. Mikeladze: software, visualization, literature research;
 S.B. Yakovlev: writing an article, reviewing, editing;
 A.N. Lavrenyuk: writing an article, reviewing and editing;
 A.D. Donskoy: writing and preparation of the initial article, literature research;
 P.L. Kalinin: conceptualization, methodology, supervision, writing, reviewing, editing.

ORCID авторов/ ORCID of authors

М.А. Кутин / M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>
 Л.И. Астафьева / L.I. Astafyeva: <https://orcid.org/0000-0003-4480-1902>
 И.В. Чернов / I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>
 К.Г. Микеладзе / K.G. Mikeladze: <https://orcid.org/0000-0002-4721-9320>
 С.Б. Яковлев / S.B. Yakovlev: <https://orcid.org/0000-0002-0798-2604>
 А.Д. Донской / A.D. Donskoy: <https://orcid.org/0000-0002-0719-5168>
 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. Работы выполнялись без внешнего финансирования.

Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Данные всех пациентов анонимизированы. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The data of all patients is anonymized. The patients signed an informed consent to the publication of the data.

Статья поступила: 17.04.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 17.04.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

CIRCULAR MULTIPLE BURR HOLE FOR SURGICAL REMOVAL OF AN EXTRA AND INTRACRANIAL MENINGIOMA (TECHNICAL NOTE)

N.P. Haiat, M.G. Pereira, D.G. Gonsalves, P.H. Pires Aguiar, B.M. Lopes, I.A. Estevão, C.C. Pacheco, P.H. Aguiar

Faculdade de Ciências Médicas de Santos (FCMS) – Centro Universitário Lusíada (UNILUS); 150 St. Dr. Armando Salles de Oliveira, Boqueirão, Santos (São Paulo) 11050-071, Brazil

Contact: Manuela Pereira manuela.guedes@outlook.com

Introduction. Intracranial meningiomas are the most common primary central nervous system tumors and are mostly benign, arising from the meninges surrounding the brain, nerves, and vessels. An obstacle to the surgical resection of meningiomas is the risk of injury to the superior sagittal sinus and the resulting compromise to the integrity of the venous drainage. This article describes a circular multiple trepanation technique, which can be used to safely perform resection of extracranial and intracranial meningiomas, aiming to reach the largest possible tumor area, since patient prognosis is directly proportional to tumor resection.

Surgical technique. The first step is to make a horseshoe incision, then drill burr holes, forming a circumference around the bone meningioma. The next step is to connect the orifices, incising the dura mater affected by the tumor along the periphery of the extracranial meningioma. Subsequently, the bone and the dura mater are elevated. Thus, the bone and dural part are separated from the intradural part, which is, in turn, removed later.

Results. The circular multiple trepanation technique was performed and a gross total resection of the extracranial and intracranial meningioma (Simpson grade I) was achieved. The postoperative period showed positive results, with an improvement in the patient's eye disorder and interruption of generalized tonic-clonic seizures.

Conclusion. The circular multiple trepanation approach for treating extracranial and intracranial meningiomas described in this note is performed safely and effectively, with good patient prognosis. Although it is a recognized option, it has been insufficiently described, and it is therefore important to expand the knowledge and proper use of this technique among neurosurgeons.

Keywords: multiple trepanation, parasagittal meningioma, extracranial meningioma, intracranial meningioma, burr holes

For citation: Haiat N.P., Pereira M.G., Gonsalves D.G. et al. Circular multiple burr hole for surgical removal of an extra and intracranial meningioma (technical note). *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):83–8. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-83-88

Круговое множественное отверстие для хирургического удаления экстра- и интракраниальной менингиомы (техническое примечание)

Н.П. Хайат, М.Г. Перейра, Д.Г. Гонсалвес, П.Х. Пирес Агиар, Б.М. Лопес, И.А. Эстефан, К.С. Пачеко, П.Х. Агиар

Факультет медицинских наук Сантоса (FCMS) – Университетский центр Лузиады (UNILUS); ул. Д-ра Армандо Саллеса де Оливейра, 150, р-н Бокейран, г. Сантос (Сан-Паулу) 11050-071, Бразилия

Контакты: Мануэла Перейра manuela.guedes@outlook.com

Введение. Внутречерпные менингиомы являются наиболее распространенными первичными опухолями центральной нервной системы и в основном доброкачественными, возникающими из менингиом, окружающих мозг, нервы и сосуды. Препятствием для хирургической резекции менингиом является риск повреждения верхнего сагиттального синуса и связанное с этим нарушение целостности венозного дренажа. В данной статье описывается техника циркулярной множественной трепанации, которая может быть использована для безопасного выполнения резекции экстракраниальных и интракраниальных менингиом с целью достижения максимально возможной площади опухоли, поскольку прогноз пациента прямо пропорционален резекции опухоли.

Хирургическая техника. Первым шагом является подковообразный разрез, затем просверливают отверстия, формируя окружность вокруг костной менингиомы. Следующий шаг – соединение отверстий, разрез твердой мозговой оболочки, пораженной опухолью, по периферии экстракраниальной менингиомы. Затем кость и твердая мозговая

оболочка приподнимаются. Таким образом, кость и дуральная часть отделяются от интрадуральной части, которая, в свою очередь, удаляется позже.

Результаты. Была выполнена круговая множественная трепанация и достигнута грубая тотальная резекция экстракраниальной и интракраниальной менингиомы (I класс по Симпсону). Послеоперационный период показал положительные результаты. Уменьшилось глазодвигательное расстройство пациента и прекратились генерализованные тонико-клонические припадки.

Заключение. Описанный метод циркулярной множественной трепанации для лечения экстракраниальных и интракраниальных менингиом выполняется безопасно и эффективно, с хорошим прогнозом для пациента. Хотя это признанный вариант, он недостаточно описан, поэтому важно расширить знания и правильное использование этой техники среди нейрохирургов.

Ключевые слова: множественная трепанация, парасагиттальная менингиома, экстракраниальная менингиома, интракраниальная менингиома, бурсовое отверстие

Для цитирования: Хайат Н.П., Перейра М.Г., Гонсалвес Д.Г. и др. Круговое множественное отверстие для хирургического удаления экстра- и интракраниальной менингиомы (техническое замечание). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):83–8. (In Eng.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-83-88

INTRODUCTION

Intracranial meningiomas are primary central nervous system tumors and are mostly benign [1, 3]; 15–20 % are atypical and only 1–2 % are malignant [3].

A typical intracranial meningioma is an extra-axial [3] and dural-based mass, originating from the arachnoid cap cells. These tumors are more common at sites of dural folds, so these cells are associated, for example, with the villi of the venous sinuses [2].

Parasagittal meningiomas comprise 20 % to 30 % of all meningiomas [7]. This tumor is defined by Harvey Cushing and Louise Eisenhardt as one that fills the parasagittal angle, without brain tissue between the meningioma and the superior sagittal sinus (SSS). Based on their location along the SSS, parasagittal meningiomas are divided into those located in the anterior, middle and posterior third of the sinus [7].

Furthermore, there are also extracranial meningiomas, rarely visualized and commonly found in the head and neck region (sinonasal tract, temporal bone, and scalp). They may be originated from primary intracranial meningiomas, which can enlarge and develop a direct extension, or from ectopic arachnoid cells [4].

Additionally, extracranial meningioma might arise from mesenchymal cells, which are capable of differentiating into countless other cells [4]. As an unusual tumor, it poses a challenge in medicine, often resulting in erroneous diagnoses of patients with extracranial meningiomas.

Advances in neurosurgical techniques are extremely necessary. Proposed surgical procedures for resection of meningiomas are complicated by the risk of injury to the superior sagittal sinus and the resulting compromise to the integrity of the venous drainage. This article describes the circular multiple trepanation, which is a resection of extracranial and intracranial meningiomas. The surgical approach performed is innovative and unusual. Although it is already used, it has been poorly described to date. Its objective is to resect the tumors, minimizing the risk of injuring the superior sagittal sinus, and achieve optimized performance in the resection of meningiomas. Moreover, it aims to reach the largest possible tumor area, since patient prognosis is directly proportional to tumor resection.

SURGICAL TECHNIQUE

After general anesthesia is administered, the patient is positioned in ventral decubitus and the skull is placed in a Mayfield three-pin skull fixation device (Codman, USA). The first step is the horseshoe incision (fig. 1-*a* and fig. 2-*a*). Since the meningioma is extensive, it is necessary to leave about three centimeters for visualization of the meningioma margin when opening. Trepanation holes are performed (fig. 1-*b* and fig. 2-*b*), forming a circumference around the bone meningioma (tumor-invaded bone). The orifices are connected with a rongeur, and the dura mater affected by the tumor is incised around the periphery of the extracranial meningioma by the trepanation holes (fig. 2-*c*), therefore isolating the bone and dura mater. The bone and affected dura mater are elevated. Thus, the bone and dural part are separated from the intradural part, which is, in turn, removed later (fig. 1-*c*). In the intradural part, the SSS and a two-centimeter area around it are completely visible, exposing both sides of the sinus. The veins draining the tumor are coagulated and the dissection of the meningioma occurs away and separated from the cerebral parenchyma. The part of the tumor closest to the SSS is dissected last.

RESULTS

A 43-year-old woman with generalized tonic-clonic (GTC) seizures underwent imaging examination that revealed an extracranial and intracranial meningioma (fig. 3). Upon investigation, it was found that, in addition to GTC seizures, she had grade IV left hemiparesis, attention deficit and papilledema, detected on fundoscopic examination.

Tumor resection was performed using the circular multiple trepanation technique and a gross total resection of the extracranial and intracranial meningioma was achieved. The degree of resection on the Simpson grading scale was Grade I. Postoperative imaging confirmed successful meningioma removal (fig. 4-*b*), and the patient failed to present GTC seizures, in addition to obtaining improvement in the ophthalmologic disorder.

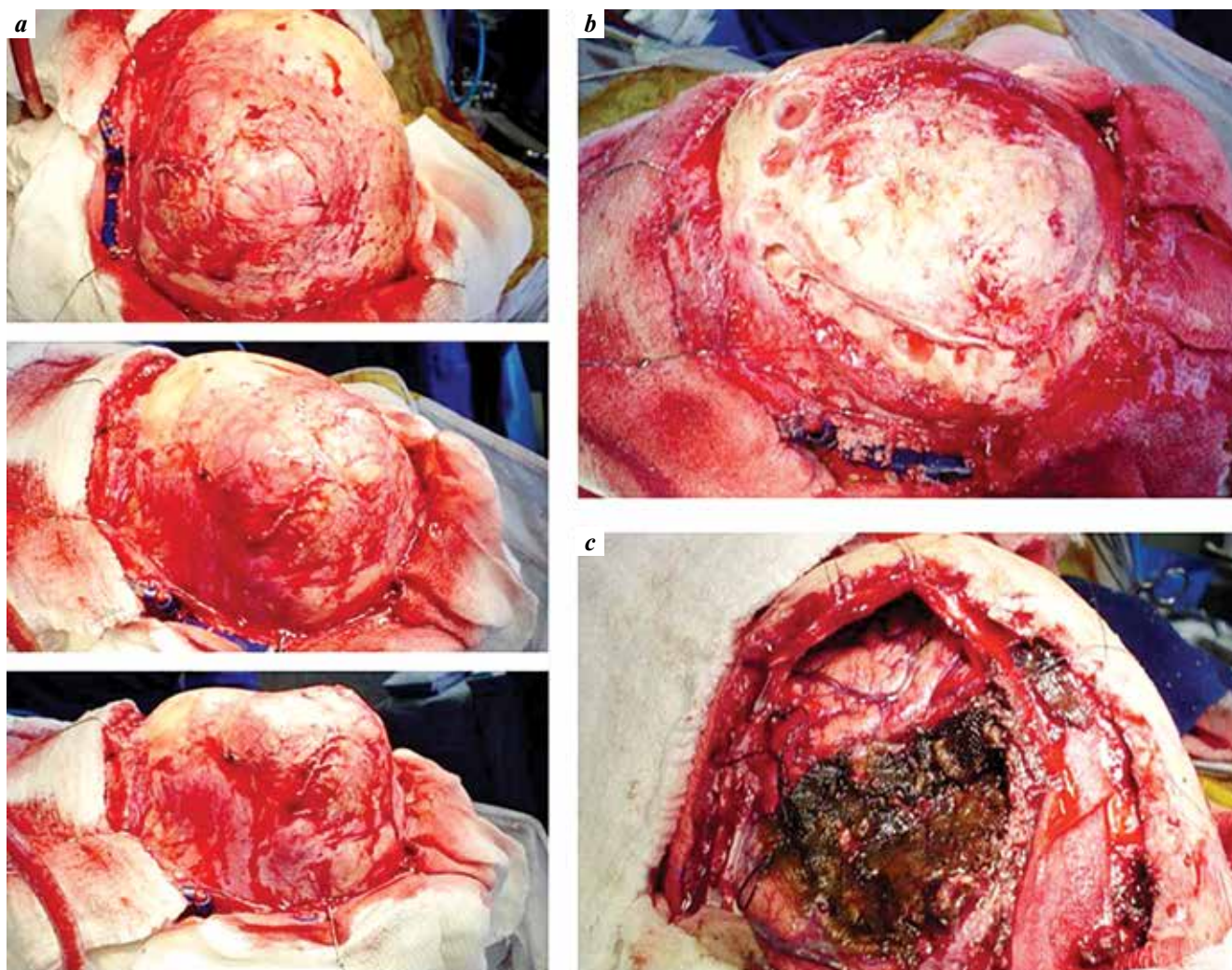


Fig. 1. (a) Skull deformations caused by the transitional meningioma. (b) Surgical technique – circular multiple trepanation for tumor resections. It's used an extended and wide approach. (c) Tumoral bed after resection. Hemostasy using Surgicel

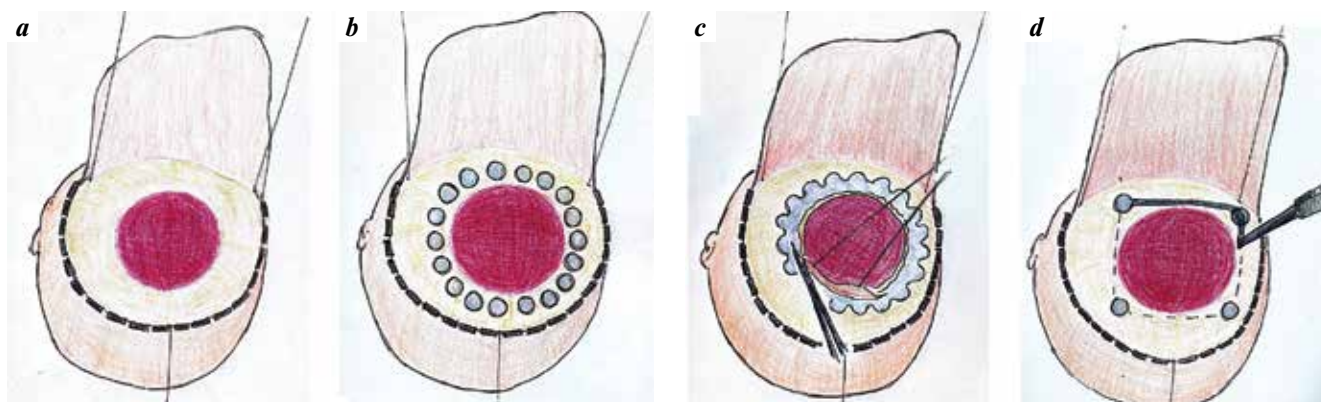


Fig. 2. Demonstration illustrations. (a) Horseshoe incision with extensive exposure of the bone respecting the limits of the tumor margins. (b) The circumference formed by the trepanation holes around the bone invaded by the meningioma. (c) The connected burr holes and the dura mater affected by the tumor incision around the bone meningioma. (d) Parietal craniotomy with four burr holes around the parasagittal meningioma

DISCUSSION

Treatments of extracranial and intracranial parasagittal meningiomas consist of simple observation (“observe and

wait”), partial resection and radiosurgery, which may be an adjunctive treatment to surgery or a primary intervention. However, in the vast majority of cases, surgery is the gold

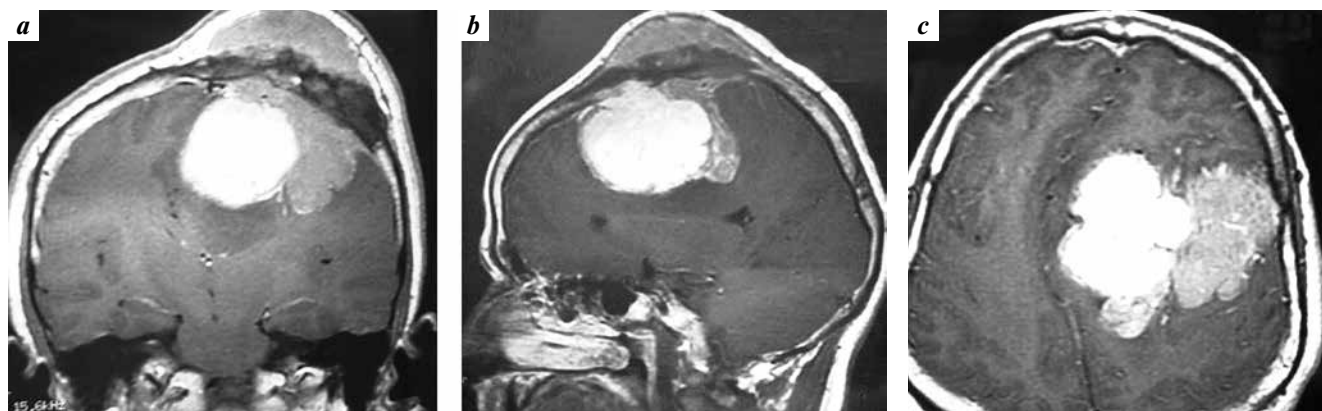


Fig. 3. Contrast-enhanced T1-weighted coronal, sagittal and axial magnetic resonance demonstrates a left parasagittal meningioma. It is possible to visualize the neural tail of the meningioma and the midline shift

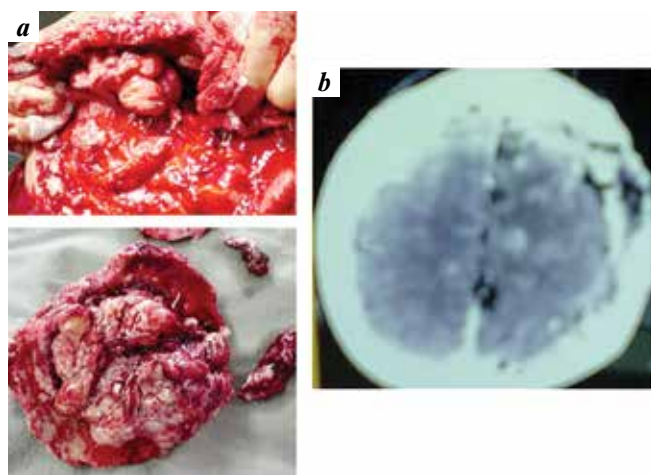


Fig. 4. (a) Precise visualization of the tumor bone infiltrative pattern. (b) Post-operative axial CT scan showing total resection of the parasagittal meningioma and brain midline centered

standard intervention, with complete or incomplete resection depending on the accessibility of the tumor [5, 7].

According to Pires de Aguiar PH (2010) [12], total resection is associated with better surgical outcomes, but it is a treatment that generates complications that less aggressive techniques do not.

Although benign and slow growing, this neoplasm compromises several brain functions. Initial symptoms are headache, focal neurological deficits, convulsions, personality changes, progressive hemiparesis (especially in large middle-third tumors), confusion and altered level of consciousness [3, 7]. In this case, the patient manifested papilledema and papillary disorder due to increased intracranial pressure. It is important to understand that the symptomatology is based on the location of the tumor [3, 4, 7, 12].

Parietal craniotomy is the indicated approach for parasagittal meningiomas. A great risk posed by this technique is to reach the superior sagittal sinus: due to the lack of brain tissue between the meningioma and the sinus, the SSS ends up surrounded by the tumor [12]. In a craniotomy, four trepanation holes are drilled (fig. 2-d), and it is necessary

to include the midline to ensure that both sides of the SSS are visible (the bone flap extends at least two centimeters beyond the midline). Great care is required when using the craniotomy to prevent sinus laceration. Firstly, the sinus is separated with a Penfield dissector, and then the holes are connected with a high-speed drill [8].

Unlike craniotomy, the multiple trepanation technique consists of a circular perforation of the skull around the periphery of the parasagittal meningioma. Thus, more trepanation holes are drilled along the circumference of the meningioma, and then connected to each other. The advantage of this technique is the number of holes; as there are more orifices than in a craniotomy and they are at minimum distance, sawing between holes avoids a possible damage to the dura mater and lesions in the superior sagittal sinus, one of the major complications of parasagittal meningioma resections.

Both techniques must be performed with great care to prevent injury to the superior sagittal sinus, since an injury in the SSS compromises the venous drainage and can cause numerous lesions to the cerebral venous system and neurological complications, such as deficiency in spatial awareness, impaired central nervous system afferent and efferent function and visual processing disorder [9].

In order to avoid damage to the venous system, it is extremely important for the surgeon to differentiate displaced vessels and nerves outside the tumor from those who are irrigating the tumor, because the procedures are different. In the first case, the vessels and nerves are separated and protected by sponges, while in the second case, blood vessels supplying the tumor are coagulated [10].

In addition, both craniotomy and multiple trepanation create irregular and sharp edges. Therefore, it is necessary that the bone flap is replaced without gaps, using suture, screws, and plates so that bone edges do not protrude and hurt the skin. A disadvantage of multiple trepanation in relation to craniotomy is the greater loss of bone tissue [11].

The table shows that the circular multiple trepanation technique has numerous advantages and compares it with

Advantages, indications and disadvantages of techniques in surgical approach of parasagittal meningiomas

Techniques	Indications/advantages	Disadvantages
Circular multitrepanation technique	– Decreases the risks of sawing and aggression to the dura mater. – Lower risk of injury to the superior sagittal sinus. – Wide surgical field. – Exposure of the entire tumor. – Indicated for large tumors	– Great loss of bone tissue. – Jagged and sharp edges – Limited view of the SSS
Parietal craniotomy [13]	– Wide surgical field. – Is considered the gold standard technique	– Jagged and sharp edges – Injury to the superior sagittal sinus and overlying cortical veins. – Burr holes placed over the midline can cause an injury to the SSS. – Limited view of the SSS
Two-Part Parasagittal Craniotomy [14]	– Wide surgical field. – Better visualization of the midline and SSS than other techniques. – Direct vision of the epidural space. – Better control of venous bleeding and the SSS is more secure	This option needs further exploration
Endoscopic removal [15]	– Minimally invasive technique. – Less loss of bone tissue. – Indicated for patients with severely atrophic scalp skin that greatly increases the risk of significant healing complications with calvarial craniotomy. – The major bridging veins that are located on the surface and more superficially do not darken and get in the way the tumor	– Limited surgical field. – More difficult to achieve complete tumor resections

Abbreviation: SSS – superior sagittal sinus.

other techniques: parietal craniotomy, two-part parasagittal craniotomy and endoscopy removal.

CONCLUSION

The circular multiple trepanation approach for extra-cranial and intracranial meningiomas described in this note

is performed safely and effectively, with good patient prognosis. The surgical technique aims at the lowest possible risk of injury to the SSS, and the largest possible resection of the meningioma. Although it is a recognized option, it has been insufficiently described. We aim to describe it in order to expand the knowledge and proper use of this technique among neurosurgeons.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bailo M., Gagliardi F., Boari N. et al. The Role of Surgery in Meningiomas. *Curr Treat Options Neurol* 2019;21(10):51. DOI: 10.1007/s11940-019-0587-9
2. Rockhill J., Mrugala M., Chamberlain M.C. Intracranial meningiomas: an overview of diagnosis and treatment. *Neurosurg Focus* 2007;23(4):E1. DOI: 10.3171/FOC-07/10/E1
3. Buerki R.A., Horbinski C.M., Kruser T. et al. An overview of meningiomas. *Future Oncol* 2018;14(21):2161–77. DOI: 10.2217/fon-2018-0006
4. Rushing E.J., Bouffard J.P., McCall S. et al. Primary extracranial meningiomas: an analysis of 146 cases. *Head Neck Pathol* 2009;3(2):116–30. DOI: 10.1007/s12105-009-0118-1
5. Narayan V., Bir S.C., Mohammed N. et al. Surgical management of giant intracranial meningioma: operative nuances, challenges, and outcome. *World Neurosurg* 2018;110:e32–41. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.09.184
6. Tomasello F., Conti A., Cardali S., Angileri F.F. Venous preservation-guided resection: a changing paradigm in parasagittal meningioma surgery. *J Neurosurg* 2013;119(1):74–81. DOI: 10.3171/2012.11.JNS12011
7. Mathiesen T. Parasagittal meningiomas. *Handb Clin Neurol* 2020;170:93–100. DOI: 10.1016/B978-0-12-822198-3.00031-8
8. Cohen-Gadol A.A. Parasagittal Meningioma. In: *Neurosurgical Atlas*. Available: DOI: 10.18791/nsatlas.v4.ch02.2
9. Ricci A., Di Vitantonio H., De Paulis D. et al. Parasagittal meningiomas: Our surgical experience and the reconstruction technique of the superior sagittal sinus. *Surg Neurol Int* 2017;8:1. DOI: 10.4103/2152-7806.198728
10. Pires De Aguiar P.H., Paiva W.S., De Santana P.A., Isolan G. Tentorial posterior fossa meningioma: Which is the ideal surgical approach: Supra/infratentorial combined or retrosigmoid? *Neurosurg Q* 2009;19(1). DOI: 10.1097/WNQ.0b013e31818d0fcb
11. Rai S.K.R., Dandpat S.K., Jadhav D. et al. Optimizing Burr Hole Placement for Craniotomy: A Technical Note. *J Neurosci Rural Pract* 2019;10(3):413–6. DOI: 10.1055/s-0039-1695699
12. Pires de Aguiar P.H., Aires R., Maldaun M.V. et al. Is sagittal sinus resection in falcine meningiomas a factor of bad surgical outcome? *Surg Neurol Int* 2010;1:64. DOI: 10.4103/2152-7806.71983
13. Cohen-Gadol A. Parietal Craniotomy. In: *Neurosurgical Atlas*. Available: DOI: 10.18791/nsatlas.v2.ch03
14. Burke J., Han S.J., Han J.H., McDermott M.W. Two-Part Parasagittal Craniotomy: Technical Note. *Cureus* 2014. DOI: 10.7759/cureus.193
15. Spektor S., Margolin E., Eliashar R., Moscovici S. Purely endoscopic removal of a parasagittal/falx meningioma. *Acta Neurochir (Wien)* 2016;158(3):451–6. DOI: 10.1007/s00701-015-2689-9

Authors' contributions

N.P. Haiat: conceptualization, formal analysis, data curation, writing — original draft, review & editing, visualization and project administration;
 M.G. Pereira: conceptualization, methodology, formal analysis, writing — original draft, review & editing and visualization;
 D.G. Gonsalves: conceptualization, formal analysis, data curation, writing — original draft, review & editing, visualization and project administration;
 P.H. Pires Aguiar: conceptualization, formal analysis;
 B.M. Lopes: conceptualization, formal analysis, data curation, writing — original draft, review & editing, visualization and project administration;
 I.A. Estevão, C.C. Pacheco, P.H. Aguiar: investigation, resources, writing — review & editing and supervision.

Вклад авторов

Н.П. Хайат: концептуализация, формальный анализ, кураторство данных, написание оригинального проекта, обзор и редактирование, визуализация и администрирование проекта;
 М.Г. Перейра: концептуализация, методология, формальный анализ, написание оригинального проекта, обзор, редактирование и визуализация;
 Д.Г. Гонсалвес: концептуализация, формальный анализ, сбор данных, написание оригинального проекта, рецензирование и редактирование, визуализация и администрирование проекта;
 П.Х. Пирес Агиар: концептуализация, формальный анализ;
 Б.М. Лопес: концептуализация, формальный анализ, кураторство данных, написание оригинального проекта, рецензирование и редактирование, визуализация и администрирование проекта;
 И.А. Эстефан, К.С. Пачеко, П.Х. Агиар: исследование, ресурсы, написание, рецензирование, редактирование и правка.

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Конфликт интересов. У авторов нет конфликта интересов, о котором можно было бы заявить.

Source of funding. The study was performed without external funding. There was no funding or sponsors' support to be declared in this study.

Финансирование. Исследование проводилось без внешнего финансирования. В этом исследовании не было заявлено о финансировании или спонсорской поддержке.

Approval of the study protocol by Ethics Committee / Informal consent of patients / Compliance with principles of bioethics. Not applicable.

Утверждение протокола исследования Комитетом по этике / Неофициальное согласие пациентов / Соблюдение принципов биоэтики. Неприменимо.

Статья поступила: 31.05.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 31.05.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

ТЕХНОЛОГИЯ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В СПИНАЛЬНОЙ НЕЙРОХИРУРГИИ

А.П. Сайфуллин¹⁻³, А.Е. Боков¹, А.А. Мордвинов¹, С.Г. Млявых¹

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; Россия, 603005 Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

²ГБУЗ Нижегородской области «Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко»; Россия, 603126 Нижний Новгород, ул. Родионова, 190;

³ГБУЗ Нижегородской области «Нижегородская областная детская клиническая больница»; Россия, 603136 Нижний Новгород, ул. Ванеева, 211

Контакты: Александр Петрович Сайфуллин, sayfullin-a.p@mail.ru

Последнее десятилетие XXI в. ознаменовалось активным развитием и внедрением в клиническую практику технологии ускоренного восстановления после операции (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS, или fast track). Она позволяет обеспечить быстрое и качественное восстановление после операции, уменьшить число осложнений, снизить сроки госпитализации и медицинские расходы без увеличения повторных госпитализаций, послеоперационной заболеваемости и необходимости наблюдения в отделении интенсивной терапии, а также минимизировать различия в оказании периоперационной помощи в различных медицинских учреждениях и улучшить качество оказания медицинской помощи населению.

Цель работы – представление истории развития и современного состояния технологии ускоренного восстановления после операции (ERAS), единственного протокола Ассоциации ERAS Society для спинальной хирургии у взрослых и сводного протокола у детей, а также результатов внедрения ERAS в различных разделах спинальной нейрохирургии.

Ключевые слова: технологии ускоренного послеоперационного восстановления, ERAS, fast track, история fast track, спинальная нейрохирургия, хирургия позвоночника, дети, взрослые, вертебрология, COVID-19

Для цитирования: Сайфуллин А.П., Боков А.Е., Мордвинов А.А., С.Г. Млявых. Технология ускоренного восстановления после операции: современное состояние в спинальной нейрохирургии. Нейрохирургия 2023;25(2):89–105. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-89-105

Enhanced recovery after surgery: the current state in spinal neurosurgery

A.P. Sayfullin¹⁻³, A.E. Bokov¹, A.A. Mordvinov¹, S.G. Mlyavykh¹

¹Privolzhsky Research Medical University; 34 Minina St., Nizhny Novgorod 603155, Russia;

²N.A. Semashko Nizhny Novgorod Regional Clinical Hospital; 190 Rodionova St., Nizhny Novgorod 603126, Russia;

³Nizhny Novgorod Regional Children's Clinical Hospital; 211 Vaneeva St., Nizhny Novgorod 603136, Russia

Contacts: Alexander Petrovich Sayfullin sayfullin-a.p@mail.ru

The last decade of the XXI century was marked by the active development and introduction into clinical practice of the technology of Enhanced recovery after surgery. It allows you to ensure a quick and high-quality recovery after surgery, reduce the number of complications, reduce the time of hospitalization and medical costs without increasing repeated hospitalizations, postoperative morbidity and the need for observation in the intensive care unit, minimize differences in the provision of perioperative care in various medical institutions and improve the quality of medical care to the population.

Aim. To describe the history of development and current state of Enhanced recovery after surgery (ERAS or fast-track), to present the ERAS Society protocol for spine surgery in adults and a consolidated protocol in children, and also have determined the results of the implementation of ERAS in various sections of spinal neurosurgery.

Key words: enhanced recovery after surgery, ERAS, fast-track, history of ERAS, spine surgery, children, adults, vertebrology COVID-19

For citation: Sayfullin A.P., Bokov A.E., Mordvinov A.A., Mlyavykh S.G. Enhanced recovery after surgery: the current state in spinal neurosurgery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):89–105. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-89-105

ВВЕДЕНИЕ

На заре XXI в. появились сообщения о революционной концепции в хирургии, которая значительно улучшала периоперационный уход и результаты хирургического лечения. Это было связано с внедрением в клиническую практику протоколов ускоренного восстановления после операции (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS) [1–3], ранее более известные как «fast track surgery» (Программа ускоренного выздоровления). Данные протоколы основаны на принципах доказательной медицины и направлены на улучшение результатов хирургического лечения. Основной принцип концепции ERAS – снижение стрессовых реакций организма пациента на операцию [4–6]. Технология ERAS успешно применяется на международном уровне (рис. 1 и 2) в различных областях хирургии, о чем свидетельствуют растущее число публикаций и проведение ежегодного Всемирный конгресса ERAS, собирающего делегатов более чем из 50 стран со всех континентов [5, 7].

Внедрение ERAS в клиническую практику дает возможность [8–22]:

- сократить медицинские расходы на 5–8 тыс. долл. США на 1 случай;
- снизить хирургические осложнения и сроки госпитализации на 20–50 % без увеличения повторных госпитализаций, послеоперационной заболеваемости и необходимости наблюдения в отделении интенсивной терапии;
- уменьшить смертность в послеоперационном периоде;
- сократить сроки восстановления после операции на 30 %;
- оптимизировать различия в уровне оказания периоперационной помощи в медицинских учреждениях;
- повысить удовлетворенность исходом лечения и достичь более высоких функциональных результатов;
- улучшить результаты хирургического лечения и качество оказания медицинской помощи населению.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ

Концепция ERAS введена в 1997 г. датским профессором Хенриком Келетом (Henrik Kehlet) (табл. 1), который предположил, что, «хотя отдельные изменения (метод или схема приема лекарств) в периоперационной практике сами по себе не имеют значительного влияния, внесение нескольких изменений может

значительно улучшить результаты лечения». На основе патофизиологического анализа осложнений после плановых оперативных вмешательств Х. Келет предложил программу-протокол, направленную на уменьшение стрессовой реакции организма больного на хирургическую агрессию [6]. Им также выделены факторы риска в рамках периоперационных периодов, которые могут быть устранены благодаря использованию мультимодальных периоперационных протоколов [23].

В 1998 г. Б. Брэдшоу (B. Bradshaw) впервые употребил термин «fast track surgery» [24], а в 1999 г. Х. Келет опубликовал статью, в которой сообщалось о снижении госпитализации на 3–8 дней благодаря технологии «fast track» при резекции сигмовидной кишки [25]. Эти отчеты были встречены скептически, однако созданная в 2001 г. в Лондоне рабочая группа доказала, что это возможно при использовании мультимодального подхода к восстановлению [26]. В состав этой рабочей группы вошли 6 ведущих хирургов – Х. Келет (Дания), К. Фирон (K. Fearon, Великобритания), О. Юнгквист (O. Ljungqvist, Швеция), А. Ревхауг (A. Revhaug, Норвегия), М. фон Мейенфельдт (M. von Meyenfeldt, Нидерланды) и К. де Йонг (C. Dejong, Нидерланды). Их целью стала разработка и научное обоснование клинической практики «fast track» хирургии [5, 7]. Крупное европейское исследование определило, что протоколы периоперационного ведения пациентов не были стандартизированы и не имели доказательной базы. Это было подтверждено громким судебным разбирательством, которое выявило, что общая смертность от кардиохирургических операций варьировала от 1,2 до 21,5 % по всей Европе [27].

Впоследствии название концепции «fast track», целью которой была быстрая выписка пациента, изменилось на ERAS. В новой концепции центральный фокус был смещен на пациента и его скорейшее выздоровление [5]. В 2005 г. опубликован первый согласованный протокол по ускоренному восстановлению при колоректальной резекции [19]. Это позволило провести целый ряд стандартизированных рандомизированных исследований, которые показали, что ERAS сокращает сроки госпитализации на 2,5 дня и значительно уменьшает частоту осложнений [28].

В 2010 г. в Швеции была создана официальная ассоциация – ERAS Society (<https://erasociety.org>), которая занимается развитием периоперационного ухода путем внедрения научно-обоснованных протоколов ERAS, проведением международных исследований, конференций и образовательных курсов, а также помогает больницам во внедрении ERAS в клиническую

Таблица 1. Некоторые этапы развития технологии ускоренного восстановления после операции (ERAS)

Table 1. Some stages of Enhanced recovery technology after surgery (ERAS)

Год Year	Событие Event
1997	Первая статья, в которой обоснована концепция «fast track» surgery [23] The first article in which the concept of «fast track» surgery is substantiated [23]
1999	Первая публикация, в которой Х. Келет доказал эффективность ERAS [25] The first publication in which H. Kehlet proved the effectiveness of ERAS [25]
2001	Создание исследовательской группы ERAS [5, 7] Establishment of the ERAS research group [5, 7]
2003	Первый симпозиум ERAS в Стокгольме (Больница Эрста) [7] First ERAS Symposium in Stockholm (Ersta hospital) [7]
2005	Создание первого согласованного протокола «fast track» по резекции кишечника (K. Fearon [33]) Establishment of the first «fast track» consensus statement protocol for bowel resection (K. Fearon [33])
2009	Первый согласованный протокол по колоректальной хирургии (K. Lassen и соавт., цит. по [7]) Consensus statement protocol for colorectal surgery (K. Lassen, cit. by [7])
2010	Создание официальной ассоциации – ERAS Society (https://erassociety.org) со штаб-квартирой в Стокгольме, Швеция Official Association – ERAS Society (https://erassociety.org) established with headquarters in Stockholm, Sweden Основатели/Founders: K. Fearon, O. Ljungqvist, A. Revhaug, M. von Meyenfeldt, C. Dejong
	Запуск первой программы внедрения ERAS в Швеции в больнице Университета Эребру (Orebro University Hospital) [7] Launch of the first ERAS implementation program in Sweden at Orebro University Hospital [7]
2011	Первый Национальный симпозиум при поддержке общества ERAS и Первый Международный симпозиум по внедрению ERAS (Милан, Италия) First National Symposium supported by ERAS Society and First International ERAS Implementation Symposium (Milan, Italy)
2012	Первый согласованный протокол ERAS по хирургии поджелудочной железы (K. Lassen, цит. по [7]), Consensus statement ERAS protocol for pancreatic surgery (K. Lassen, cit. by [7])
	Проведение Первого Всемирного конгресса ERAS Society в Каннах (Франция) – 237 делегатов из 30 стран со всех континентов Holding the first ERAS Society World Congress in Cannes (France) – 237 delegates, 30 countries from all continents
	Первое издание серии «Ускоренное восстановление: Руководство по ускоренному восстановлению после колоректальной хирургии» (Springer), цит. по [7] First edition of the series «Enhanced Recovery: Manual of Fast Track Recovery for Colorectal Surgery» (Springer), cit. by [7]
2013	Публикация согласованных ERAS руководств: по ректальной, тазовой хирургии (Nygren и соавт., цит. по [7]), резекции толстой кишки (U.O. Gustafsson и соавт. [32]) и резекции поджелудочной железы (K. Lassen, цит. по [7]) Publishing ERAS consensus guidelines for rectal, pelvic surgery (Nygren et al., cit. by [7]), colon resection (U.O. Gustafsson et al. [32]), and pancreatic resection (K. Lassen, cit. by [7])
	Обоснована возможность масштабного внедрения в клиническую практику протоколов ERAS [30] The possibility of large-scale implementation of ERAS protocols into clinical practice has been substantiated [30]
2014	Первый согласованный протокол по резекции желудка (Nygren и соавт., цит. по [7]) Consensus guidelines protocol for gastric resection (Nygren et al., cit. by [7])
	Второй Всемирный конгресс ERAS Society в Валенсии (Испания) – 458 делегатов из 38 стран (цит. по [7]) Second ERAS Society World Congress in Valencia (Spain) – 458 delegates from 38 countries [7]
2015	Третий Всемирный конгресс ERAS Society в Вашингтоне (США) – 492 делегата из 33 стран [7] Third ERAS Society World Congress in Washington (USA) – 492 delegates from 33 countries (cit. by [7])
2016	Первые согласованные ERAS протоколы по гинекологии (G. Nelson и соавт., цит. по [7]), бариатрической хирургии (A. Thorell и соавт., цит. по [7]), анестезии (Feldheiser и соавт., цит. по [7]), резекции печени (E. Melloul и соавт., цит. по [7]), хирургии опухолей головы и шеи (J. Dort и соавт., цит. по [7]) The first consensus guidelines for gynecology (G. Nelson et al., cit. by [7]), bariatric surgery (A. Thorell et al., cit. by [7]), anesthesia (Feldheiser et al., cit. by [7]), liver resection (E. Melloul et al., cit. by [7]), head and neck tumor surgery (J. Dort et al, cit. by [7])
	Четвертый Всемирный конгресс ERAS в Лиссабоне (Португалия) – 389 участников из 46 стран Fourth ERAS World Congress in Lisbon (Portugal) – 389 participants from 46 countries
	Создание ERAS США [7] Creation ERAS USA [7]

Год Year	Событие Event
2016	Первая публикация в России, посвященная применению «fast track» в спинальной нейрохирургии (хирургия грыж дисков) [34] The first publication in Russia devoted to the use of “fast track” in spinal neurosurgery (disc herniation) [34]
	Первый согласованный протокол по реконструкции груди (С. Temple-Oberle и соавт., цит. по [7]) Consensus guidelines protocol for breast reconstruction (C. Temple-Oberle et al., cit. by [7])
	Пятый Всемирный конгресс ERAS в Лионе (Франция) — 40 стран, 393 участника Fifth ERAS World Congress in Lyon, France — 40 countries, 393 participants
2017	«The World Journal of Surgery» стал официальным журналом ERAS Society The World Journal of Surgery becomes the official magazine of the ERAS Society
	Создание ERAS LATAM (Латинская Америка) Creation of ERAS LATAM (Latin America)
	О. Ljungqvist (президент ERAS Society) выступил на конференции TEDx с лекцией на тему «Улучшенное восстановление после операции» [7] O. Ljungqvist (ERAS Society President) TEDx Lecture «Enhance recovery after surgery» [7]
	Первый согласованный протокол по резекции пищевода (С. Temple-Oberle и соавт. [5]) First consensus guidelines protocols for and esophageal resection (C Temple-Oberle et al. [5])
2018	Первый Всемирный конгресс ERAS по детской хирургии в Рикмонде (штат Вирджиния, США) First ERAS World Congress of Pediatric Surgery in Rickmond (Virginia, USA)
	Шестой Всемирный конгресс ERAS в Стокгольме (Швеция) — 585 участников Sixth ERAS World Congress Congress in Stockholm (Sweden) — 585 participants
	Первый согласованный протокол по кардиохирургии (D. Engelman и соавт. [5]) The first consensus guidelines for cardiac surgery (D. Engelman et al. [5])
2019	Седьмой Всемирный конгресс ERAS в Ливерпуле (Великобритания) — 526 участников из 46 стран Seventh ERAS World Congress Congress in Liverpool (UK) — 526 participants, 46 countries
	Согласованный протокол — инструкция по публикации ERAS исследований (RECOVER) [35] The Reporting on ERAS Compliance, Outcomes, and Elements Research (RECOVER) Checklist [35]
	Публикация первых систематических обзоров по внедрению ERAS в спинальной нейрохирургии [14, 36–38] Publication of the first systematic reviews on the implementation of ERAS in spinal neurosurgery [14, 36–38]
	Восьмой Всемирный конгресс ERAS в Новом Орлеане (США) Eighth ERAS World Congress in New Orleans (USA)
2020	Первая публикация систематического обзора, посвященного внедрению ERAS в спинальной хирургии у детей при хирургическом лечении деформаций позвоночника [39] First publication of a systematic review on the implementation of ERAS in pediatric spine surgery in the surgical treatment of spinal deformities
	Первый согласованный протокол по спинальной хирургии (B. Debono и соавт. [16]) The first agreed consensus guideline for spinal surgery (B. Debono et al. [16])
2021	Первая публикация в России, посвященная применению ERAS хирургии пациентов с полисегментарными дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника [40] The first publication in Russia devoted to the use of ERAS surgery in patients with polysegmental degenerative diseases of the lumbar spine [40]
	Первая публикация в России систематического обзора по технологии ускоренного восстановления в спинальной нейрохирургии у детей [41] The first publication in Russia of a systematic review on the technology of accelerated recovery in spinal neurosurgery in children [41]
2022	Первая в России публикация систематического обзора по технологии ускоренного восстановления в спинальной нейрохирургии у взрослых [42] The first publication in Russia of a systematic review on accelerated recovery technology in spine neurosurgery in adults [42]

практику благодаря специально разработанной системе аудита [29]

В 2013 г. Голландский институт развития здравоохранения (Dutch Institute for Health Care Improvement) провел крупное исследование (33 клиники) по ERAS

в абдоминальной хирургии. По его итогам было сообщено о потенциале масштабного внедрения ERAS в клиническую практику, значительном снижении срока госпитализации благодаря ранней мобилизации, минимизации инфузионной терапии, а также



Рис. 1. Страны мира (выделены синим цветом), в которых проводятся исследования, посвященные ускоренному восстановлению после операции (ERAS) (опубликовано с разрешения Ch. Li [43])

Fig. 1. Countries of the world (highlighted in blue) in which studies are conducted on accelerated recovery after surgery (published with permission from Ch. Li)

о послеоперационном введении слабительных [30]. Была выявлена корреляция между соблюдением протокола и теми результатами, которые удастся достичь как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Отмечено, что чем больше пунктов протокола, тем лучше результаты [31, 32]. Таким образом программа внедрения ERAS Society была инициирована в Швеции, потом распространилась в Нидерландах, Великобритании и Швейцарии, а затем в Канаде, Австралии и США, позже во Франции, Испании и Латинской Америке [7].

Стоит отметить, что многие отечественные ученые тоже пропагандировали раннюю активизацию больных и энтеральное питание. Тем не менее заслуга Х. Келета состоит в том, что он смог создать целостную концепцию из отдельных элементов. По аналогии протокол сердечно-легочной реанимации считается заслугой австрийского врача-анестезиолога П. Сафара (P. Safar), который объединил разрозненные элементы в единую систему, хотя даже за рубежом основоположником реаниматологии считают советского академика В.А. Неговского, называя его отцом реаниматологии (padre reanimazzioni) [6].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ В МИРЕ

Протоколы ERAS уже разработаны и активно внедрены во многих отраслях хирургии (гинекология, кардиохирургия, проктология и др.) в странах Европы

и обеих Америк [19]. Всего за период с 1994 по 2021 г. на 18 языках (95 % на английском) опубликовано более 9 тыс. статей с участием более 33 тыс. авторов (преобладали анестезиологи и хирурги) [43]

Исследования по вопросам ERAS проводятся в 91 стране мира (рис. 1 и 2) с вовлечением 82 из них в международное сотрудничество (более 51 % приходится на европейские страны). Свыше 50 % статей опубликованы в высокорейтинговых (Q1 и Q2) влиятельных журналах. Наибольший вклад в развитии этой области внесли США (31 %), Великобритания (9 %) и Китай (7 %). При этом Великобритания является страной с наибольшим числом международных коллабораций, но в общей доле чаще всего сотрудничают США и Канада. Наибольшее количество статей посвящено абдоминальной хирургии (31 %), ортопедии (25 %) и кардиохирургии (9 %) [43].

ТЕХНОЛОГИЯ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ И КОРОНАВИРУСНАЯ ИНФЕКЦИЯ 2019 ГОДА

Пандемия коронавирусной инфекции 2019 г. (COVID-19) продолжает оказывать значимое влияние на системы здравоохранения во всем мире. Одним из аспектов этого процесса является беспрецедентное количество отложенных операций. По оценке экспертов, только за первые 3 мес пандемии отменены более 28 млн операций [45], а объем финансовых потерь составил более 200 млрд долл. США. Это число продолжает расти и может стать величайшей проблемой



Рис. 2. Страны мира с официальными филиалами ERAS Society (выделены синим цветом), опубликовано с разрешения S. Loughlin [44]

Fig. 2. Countries around the world with official affiliates of the ERAS Society — highlighted in blue (published with permission from Santiago Loughlin)

общественного здравоохранения за всю историю человечества [46]. В то время пока основное внимание уделяется вопросам лечения и реабилитации пациентов с COVID-19 [47], в хирургии отмечается поэтапный возврат к плановым операциям [48]. Тем не менее даже при возможном увеличении хирургического объема на 20 % потребуется более года для проведения накопившихся хирургических операций [45]. Традиционные методы работы не способны оперативно справиться с кризисом COVID-19. В связи с этим созрела необходимость в стратегиях, которые позволят снизить риски хирургического вмешательства и ускорить выздоровление пациентов, увеличить оборот коечного фонда и снизить количество осложнений. Протоколы ERAS могут обеспечить эти результаты и рекомендуются наряду с амбулаторной хирургией как оптимальная модель лечения для хирургических отраслей в условиях COVID-19 и постпандемический период [46, 48–50].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ В СПИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ

Исследования по ERAS в хирургии позвоночника появились относительно недавно [14, 37, 38]. Согласно базе данных PubMed (ключевые слова: Enhanced recovery after surgery, ERAS, spine), с 2014 г. опубликовано менее 100 статей по ERAS в спинальной хирургии. Несмотря на значительный объем доказательств по эффективности ERAS во многих отраслях медицины,

данная парадигма бросает вызов традиционной хирургической доктрине, в результате чего внедрение технологии ускоренного восстановления продвигается медленно [51]. Это остается важной проблемой, так как ERAS позволяет снизить частоту осложнений [14], распространенность которых в спинальной хирургии достигает в целом 16,4 % [52], а в сложных случаях — 80 % [53]

В 2021 г. впервые опубликован официальный, согласованный ERAS Society протокол для спинальной хирургии при проведении межтелового спондилодеза [16]. В нем не только обоснована возможность и перспективность применения ERAS в хирургии позвоночника и рекомендательный уровень включаемых элементов протокола (табл. 2, рис. 3), но и подчеркнута необходимость мультидисциплинарного подхода и административной поддержки, а также незначительное влияние изолированных хирургических методик в общем лечении, как это уже было доказано в других хирургических направлениях. Отмечена возможность для разработки протоколов для других разделов хирургии позвоночника: шейного отдела позвоночника, передних и комбинированных доступов, деформаций позвоночника и др. Протокол разработан международной группой ученых ERAS Society из 14 клиник стран Европы (Франции, Великобритании, Швеции, Нидерланды) и Северной Америки (США, Канады) во главе с В. Debono [16]. По своей сути каждый протокол ERAS представляет собой систематический обзор литературы, в ходе которого устанавливаются отдельные его элементы на основании рандомизированных

Таблица 2. Мультидисциплинарный протокол ERAS Society для периоперационного ухода при проведении поясничного спондилодеза [16] (опубликовано и переведено на русский язык с разрешения В. Дебона)
Table 2. ERAS Society Multimodal Protocol for the perioperative care of lumbar fusion [16] (published and translated into Russian with permission from В. Debono)

№ п/п No. in order	Элемент протокола ERAS Society ERAS's Society protocol element	Рекомендация Recommendation	Уровень убедительности доказательств Evidence level	Уровень рекомендаций Recommendation grade
Предоперационный период Preoperative				
1	Предоперационное обучение и консультирование Preoperative education & counselling	Рекомендуется предоперационное обучение пациентов Preoperative patient education is recommended	Низкий Low	Сильный Strong
2	Оценка рисков, коррекция образа жизни и хронических заболеваний Risk assessment, lifestyle and chronic disease correction	Предоперационная анемия должна быть оценена и скорректирована до проведения пациентам поясничного спондилодеза Preoperative anemia should be assessed and corrected prior to lumbar fusion Рекомендуется комбинированная терапия для отказа от курения как минимум за 4 нед до операции A combined smoking cessation therapy at a minimum of 4 weeks before surgery is recommended Отказ от алкоголя за 4–8 нед перед операцией могут уменьшить послеоперационные осложнения Alcohol cessation programs 4–8 weeks before surgery can reduce postoperative complications	Низкий Low	Сильный Strong
3	Оптимизация нутритивного статуса, минимизация предоперационного голодания, рутинное использование пероральной углеводной «загрузки» Optimization of nutritional status, minimization of preoperative fasting, routine use of oral carbohydrate «loading»	Перед выполнением поясничного спондилодеза пациентам следует провести предоперационную оценку питания на предмет добавления в рацион пищевых добавок Patients should undergo a preoperative nutrition assessment prior to lumbar spine fusion Предоперационная коррекция питания для пациентов с низким индексом массы тела Preoperative nutritional interventions should be offered to patients identified as malnourished Вода должна быть разрешена за 2 ч, а твердая пища — за 6 ч до индукции общей анестезии Clear fluid should be permitted up to 2 hours and solid foods up to 6 hours before the induction of general anesthesia	Низкий Low	Сильный Strong
4	Профилактика инфекционных осложнений Antimicrobial prophylaxis and skin preparation	В отношении «углеводной загрузки» доказательств недостаточно Evidence is currently insufficient to make a recommendation on routine use of oral carbohydrate load for lumbar spine fusion	Высокий High	Сильный Strong
5	Анестезиологическая подготовка Peanesthetic medication	Антисептическая повязка накануне операции Antiseptic dressing the night before surgery Не рекомендуется рутинный прием седативных препаратов для снижения тревожности перед операцией The routine administration of sedatives to reduce anxiety preoperatively is not recommended Рекомендуется рутинное предоперационное введение парацетамола, нестероидных противовоспалительных препаратов и габапентиноидов в рамках мультимодальной анестезии The routine preoperative administration of acetaminophen, nonsteroidal anti-inflammatory drugs, and gabapentinoids as part of a multimodal opioid sparing analgesia strategy is recommended	Низкий Low	Сильный Strong

Продолжение табл. 2
Continuation of table 2

№ п/п No. in order	Элемент протокола ERAS Society ERAS's Society protocol element	Рекомендация Recommendation	Уровень убедительности доказательств Evidence level	Уровень рекомендации Recommendation grade
6	Предоперационная реабилитация Prehabilitation	Доказательств недостаточно, чтобы рекомендовать всем пациентам Evidence is currently insufficient to make a recommendation on prehabilitation as an essential intervention for all patients		
Интраоперационный период Intraoperative				
1	Хирургическая техника Surgical techniques	Хирургическая техника должна определяться в каждом конкретном случае с учетом целей операции, опыта хирурга и технического оснащения стационара Surgical technique should be decided on a case-by-case basis factoring the goals of surgery, training and experience of the surgeon, and the availability of technology at the local institution	Низкий Low	Сильный Strong
2	Локальные техники обезболивания Local anesthetic techniques	Для снижения выраженности послеоперационного болевого синдрома следует применять интратекальное введение морфина, эпидуральную аналгезию, локорегиональные блокады или инфльтрацию раны местными анестетиками длительного действия Use of intrathecal morphine, epidural analgesia, locoregional blocks or wound infiltration with long-acting local anesthetics should be used to improve postoperative pain management.	Высокий High	Сильный Strong
3	Поддержание гомеостаза (нормотермия, нормоволемия) Preventing intraoperative Hypothermia Perioperative fluid management	Нормотермия должна поддерживаться в периоперационном периоде путем активного согревания пациентов интраоперационно Normothermia should be maintained peri- and postoperatively through pre-warming and the active warming of patients intraoperatively	Высокий High	Сильный Strong
		Внутривенные инфузии должны поддерживать эуволемию Intravenous fluids should maintain near-euvolemic status	Средний Moderate	Сильный Strong
4	Дренажи, назогастральные зонды и мочевые катетеры Postoperative management of drains, urinary catheters	Целенаправленное введение жидкости не требуется при поясничном спондилолизе 1–2-го уровня, но должно быть рассмотрено при наличии серьезных сопутствующих заболеваний Goal directed fluid management is not needed for 1–2 level lumbar fusion but should be considered if significant patient co-morbidities exist.	Низкий Low	Сильный Strong
		Не рекомендуется рутинное использование мочевых катетеров, а в случае их применения должны быть удалены в течение нескольких часов после операции The routine use of urinary catheters is not recommended for short-segment elective lumbar spinal fusions with or without concomitant decompression. When used, they should be removed within hours of surgery with close monitoring	Средний Moderate	Слабый Low
5	Профилактика инфекционных осложнений Antimicrobial prophylaxis and skin preparation	При проведении поясничного спондилолиза на нескольких сегментах не рекомендуется использование дренажей Routine wound drainage is not recommended for short-segment lumbar fusion surgery	Средний Moderate	Сильный Strong
		Обработка кожи с использованием спиртового раствора йода или хлоргексидина Skin preparation using use of either alcohol-based iodine or chlorhexidine solution	Высокий High	Сильный Strong
		Введение антибиотика широкого спектра действия (охватывающего <i>S. aureus</i>) с повторным введением при длительных операциях Administration of a broad-spectrum antibiotic covering <i>S. aureus</i> (with possibility of repeating doses during longer surgeries)	Высокий High	Сильный Strong

№ п/п No. in order	Элемент протокола ERAS Society ERAS's Society protocol element	Рекомендация Recommendation	Уровень убедительности доказательств Evidence level	Уровень рекомендаций Recommendation grade
6	Профилактика и лечение послеоперационной тошноты и рвоты (ПОТР) Postoperative nausea and vomiting	Рекомендуется оценка риска ПОТР и рутинное использование средств мультимодальной профилактики на основе данной оценки, лечение ПОТР с помощью различных классов противорвотных средств Risk assessment for PONV, routinely use of multimodal PONV prophylaxis based on assessment, and PONV rescue with different class of anti-emetic are recommended	Высокий High	Сильный Strong
7	Стандартизированный протокол анестезии Standard anesthetic protocol	Современная общая анестезия, включающая нервно-мышечные блокады и нейроаксиальные техники, должна использоваться как часть мультимодальной анестезиологической стратегии в соответствии с доступностью и местными организационными особенностями Modern general anesthesia, including the use of neuromuscular blockade and neuraxial techniques should be used as part of multimodal anesthetic strategies follow local policy and availability	Средний Moderate	Сильный Strong
Послеоперационный период Postoperative				
1	Ранняя активизация и физическая реабилитация Early mobilization and in-hospital physical therapy	Рекомендуется ранняя мобилизация Early mobilization and early physical therapy are recommended	Низкий Low	Сильный Strong
2	Ранняя энтеральная нагрузка и профилактика кишечной непроходимости Early postoperative oral nutrition	Рекомендуется скорейшее возвращение к обычному режиму питания An early return to normal diet is recommended and should be promoted	Низкий Low	Средний Moderate
3	Послеоперационная мультимодальная анестезия Postoperative analgesia	Рекомендуется рутинное использование мультимодальной анестезии для улучшения контроля боли и снижения потребления опиоидов The routine use of multimodal analgesic regimens to improve pain control and reduce opioid consumption is recommended	Средний Moderate	Сильный Strong
4	Тромбопрофилактика Prophylaxis against thromboembolism	Всем пациентам после операции на позвоночнике рекомендована ранняя мобилизация и использование средств механической профилактики (чулки и др.) Early ambulation and the use of mechano-prophylaxis should be encouraged in all patients after spinal surgery	Средний Moderate	Сильный Strong
		Антикоагулянтная терапия – для лиц из групп риска. В отношении ее рутинного применения рекомендации нет Pharmaceutical antithrombotic prophylaxis should be reserved for specific risk groups, while no recommendation can be made with regard to its standardized use	Низкий Low	Сильный Strong
	Непрерывный аудит и оценка обратной связи Audit, follow up and feedback evaluation	Регулярный аудит и оценка обратной связи необходимы для внедрения протоколов ERAS Society и улучшения качества оказания медицинской помощи Routinely auditing and feedback is necessary for implementation of ERAS Society protocols, maintaining high compliance to ERAS protocols and realizing quality improvements	Низкий Low	Сильный Strong

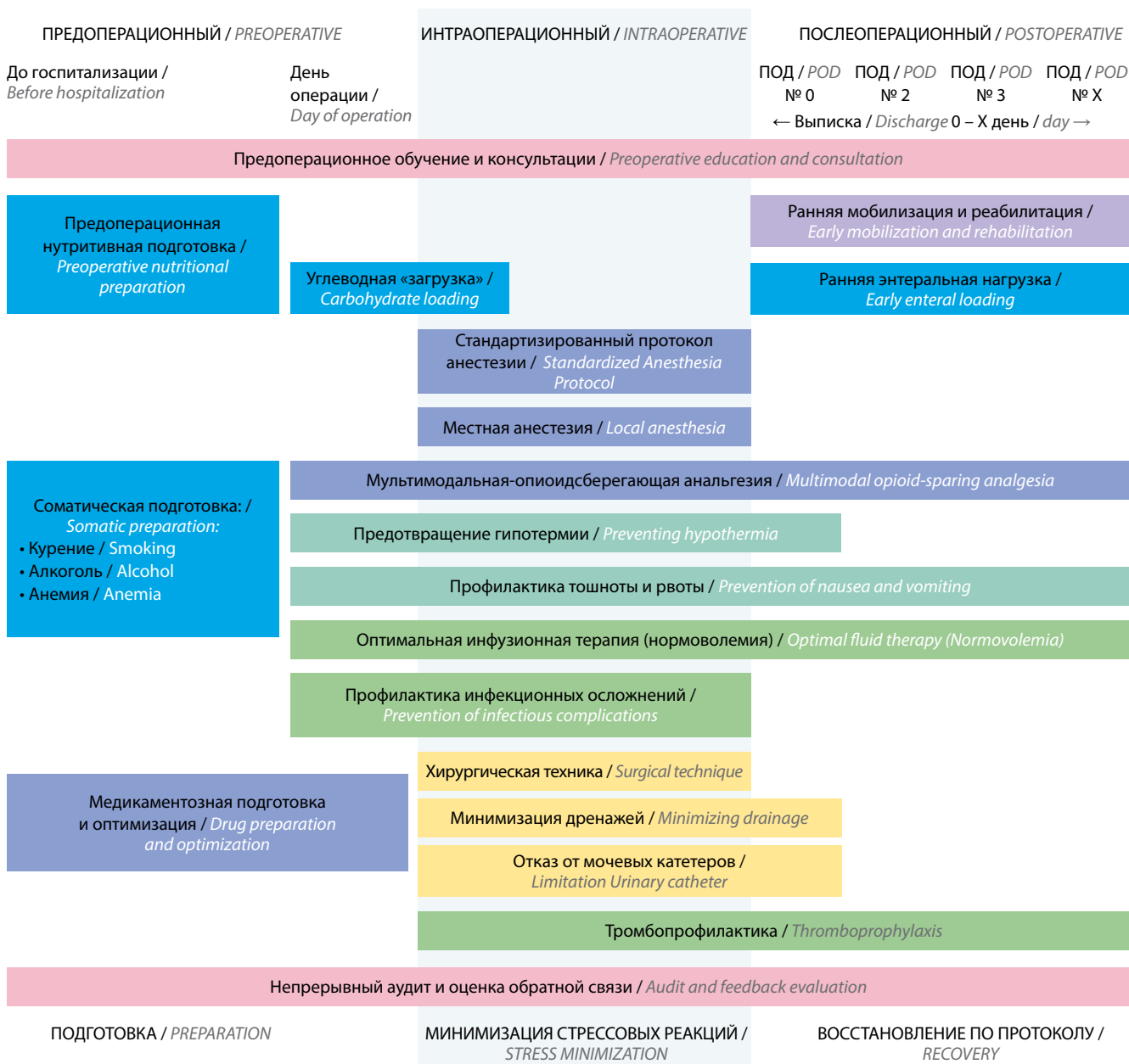


Рис. 3. Протокол ERAS Society для спинальной хирургии у взрослых (опубликовано и переведено на русский язык с разрешения Bertrand Debono [16])
ПОД – послеоперационный день.

Fig. 3. ERAS Society protocol for spine surgery in adults (published and translated into Russian with permission from Bertrand Debono) [14]
POD – postoperative day.

и когортных исследований по ERAS в спинальной нейрохирургии с определением уровня рекомендаций и убедительности доказательств (по аналогии с клиническими рекомендациями по разным нозологиям). На текущий момент нами не найдено ни одного исследования, которое проведено по данному протоколу, что обусловлено его новизной. По аналогии с другими специальностями этот утвержденный ERAS Society протокол стал основой для проведения стандартизированных многоцентровых исследований по ERAS в спинальной хирургии во всем мире.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ВЫЗДОРОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ В СПИНАЛЬНУЮ НЕЙРОХИРУРГИЮ У ВЗРОСЛЫХ И ДЕТЕЙ

Вопрос внедрения технологии ERAS у взрослых и детей необходимо рассматривать в отдельных аспектах без прямой экстраполяции «взрослых» протоколов в детскую практику. Особенность протоколов для детей – меньшее число (рис. 4) включаемых элементов, что обусловлено их анатомо-физиологическими особенностями, а также разным коморбидным фоном

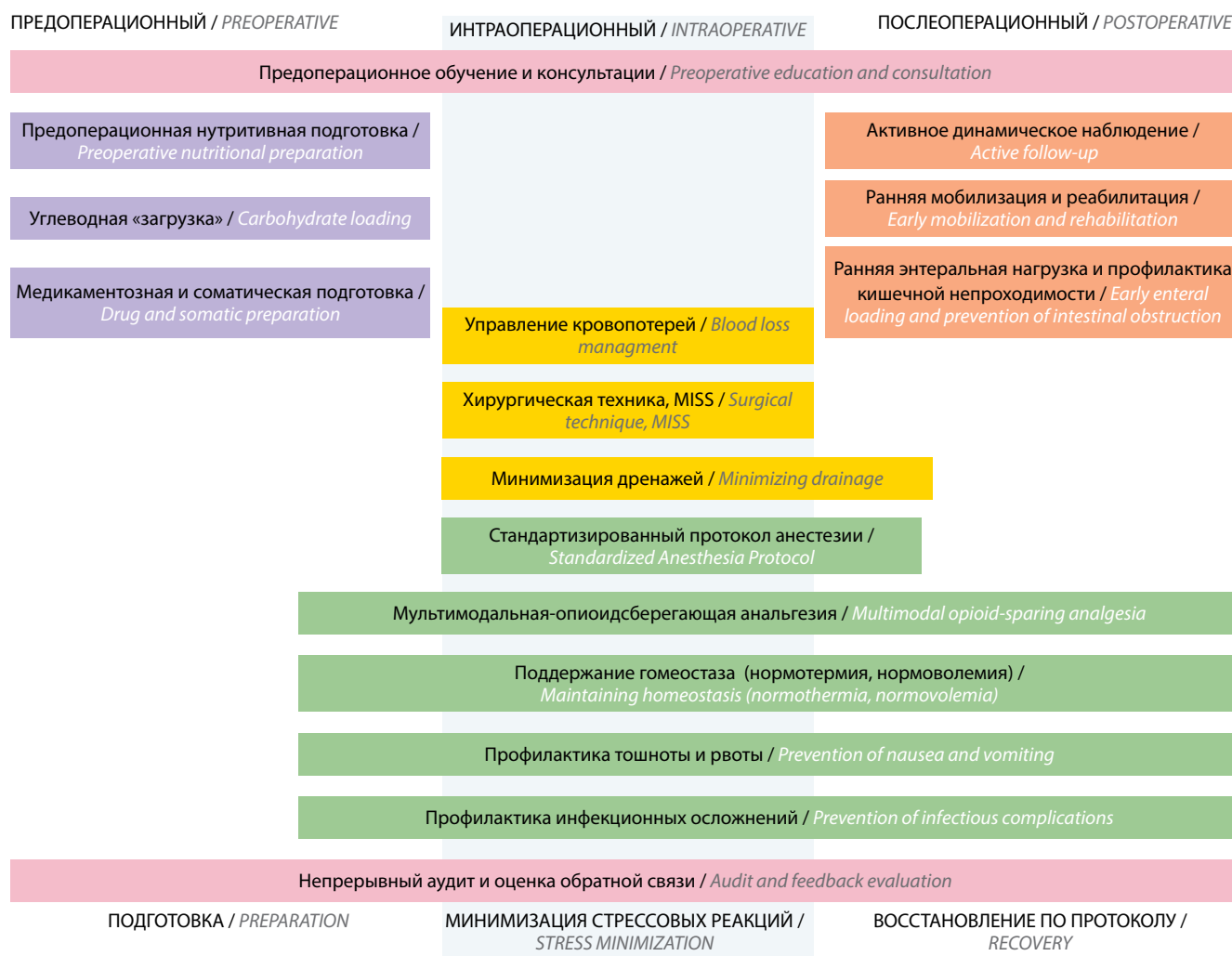


Рис. 4. Протокол ERAS Society для спинальной хирургии у детей [41]. MISS — малоинвазивная спинальная хирургия

Fig. 4. Pediatrics ERAS Society protocol for spine surgery. MISS — minimal invasive spine surgery

и возможными функциональными нарушениями по сравнению со взрослыми [41]. Неоднородность возраста и стадии физиологического и неврологического развития детей еще больше затрудняют прямое сравнение и экстраполяцию опыта внедряемых технологий у взрослых в детскую практику. Понимание этих различий позволит наилучшим образом определить и адаптировать «взрослые» протоколы ускоренного восстановления ERAS [8, 41]. Сравнительные результаты внедрения протоколов ускоренного восстановления в хирургии позвоночника у взрослых и детей на основе данных систематических обзоров и метаанализов [14, 37, 39, 41, 42, 54–58] представлены в табл. 3.

РЕЗЮМЕ ДОСТИЖЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ПО РАЗДЕЛАМ ВЕРТЕБРОЛОГИИ

Функциональная спинальная нейрохирургия

Взрослые: нет публикаций по теме.

Дети [65]:

- Статистически значимое снижение потребления опиоидов без увеличения общей стоимости лечения;
- Снижение стоимости лечения (25050 ± 4564 против 24190 ± 2476 долл. США);
- Не продемонстрировано статистически значимых различий в дозах противорвотных препаратов;
- Уменьшение сроков госпитализации на 0,5 дня.

Дегенеративные поражения позвоночника

Взрослые:

- Снижение сроков госпитализации на 1,8 дня [34, 61, 62, 66–70];
- В хирургии грыж поясничного отдела позвоночника приводит к более быстрой функциональной активности и качественному восстановлению, снижению сроков госпитализации на 39 %, большей удовлетворенности пациентов и меньшей выраженности болевого синдрома [34];

Таблица 3. Сравнительная таблица результатов внедрения технологии ускоренного выздоровления после операции (ERAS) в спинальной хирургии у детей и взрослых (на основе систематических обзоров)

Table 3. Comparative table of the results of recovery accelerated surgery (ERAS) study implementation in spine surgery in children and adults (based on systematic reviews)

Параметр Parameter	Взрослые Adults	Дети Children
Дата выхода первых публикаций Release date of the first publications	2014 [59]	2014 [41, 60]
ERAS в странах-участниках ERAS in participating countries	46 % в США, 46 % in USA, 30 % в Китае, 30 % in China, 8 % во Франции, России, Великобритании [42] 8 % in France, Russia, Great Britain [42]	75 % в США, 75 % in USA, 17 % в Канаде, 17 % in Canada, 8 % во Франции [41] 8 % in France [41]
Количество ключевых элементов в протоколе ERAS Number of key elements in the ERAS protocol	13 (от 5 до 24) [42] 13 (from 5 to 24) [42]	9 (от 2 до 20) [41] 9 (from 2 to 20) [41]
Влияние на сроки госпитализации Influence on length of stay	Снижение на 1,2–1,8 дня (от 0,2 до 3,2 суток) [37, 42, 54, 55, 58] Decrease by 1.2–1.8 days (from 0.2 to 3.2 days) [37, 42, 54, 55, 58]	Снижение на 1,1–1,6 дня (от 0,5 до 3 суток) [39, 41, 56, 57] Decrease by 1.1–1.6 days (from 0.5 to 3 days) [39, 41, 56, 57]
Влияние на уровень регоспитализаций Influence on the rate of rehospitalizations	Снижение, повышение или сопоставимая частота повторных госпитализаций в ходе 30-дневного периода наблюдения [37, 42] Reduction, increase, or comparable readmission rates [37, 42]	Статистически незначимое повышение в группе ERAS или сопоставимый уровень регоспитализации [39, 41, 56, 57] Non-significant increase in ERAS group or comparable admission rate [39, 41, 56, 57]
Влияние на количество осложнений Influence on the number of complications	Сопоставимый уровень или снижение в 2/3 исследований на 8,5 % (от 2,3 до 9,6 %) [14, 37, 42, 54, 55], и увеличение в 1/3 исследований (онкология) на 7,2 % (от 1,9 до 13,8 %) [42] A comparable level or a decrease in 2/3 of the studies by 8.5 % (from 2.3 to 9.6 %) [14, 37, 42, 54, 55], as well as in 1/3 of the studies (oncology) — an increase of 7.2 % (from 1.9 to 13.8 %) [42]	Сопоставимый уровень [56, 57] или снижение на 8,2 % (от 2 до 19 %) в США [39, 41] Comparable level [56, 57] or 8.2 % reduction (from 2 to 19 %) USA [39, 41]
Влияние на структуру осложнений Influence on the structure of complications	Для групп ERAS более характерны сердечно-сосудистые и респираторные осложнения, для групп контроля — мочевые, инфекционные, тромбозно-эмболические осложнения и ликворея [42] For ERAS groups cardiovascular and respiratory complications are more common, for control groups — urinary, infectious, thromboembolic complications and liquorrhea [42]	Для групп ERAS менее характерны легочные и желудочно-кишечные осложнения [41] ERAS groups had less pulmonary and gastrointestinal complications [41]
Влияние на объем кровопотери Influence on the blood loss	Снижение на 188 мл [42] 188 ml reduction [42]	Снижение на 112–230 мл (от 75 до 427 мл) [41, 56] Decreased by 112–230 ml (from 75 to 427 ml) [41, 56]
Влияние на время операции Influence on operation time	Снижение на 29 мин [42] Decrease by 29 min [42]	Снижение на 35–83 мин (от 23 до 144 мин) [41, 56] Decreased by 35–83 min (from 23 to 144 min) [41, 56]
Влияние на развитие болевого синдрома Influence on pain syndrome	Меньшая выраженность болевого синдрома в группе ERAS [14, 42, 54, 55] Less severity of pain syndrome in the ERAS group [14, 42, 54, 55]	Меньший или сопоставимый уровень боли [39, 41, 56] Less or comparable level of pain [39, 41, 56]
Влияние на потребление опиоидов Influence on opioid consumption	Снижение потребления опиоидов и частоты связанных с ними побочных эффектов [14, 42, 58] Decreased opioid consumption and associated side effects [14, 42, 58]	Снижение потребления опиоидов и частоты связанных с ними побочных эффектов [41] Decreased opioid consumption and associated side effects [41]

Окончание табл. 3

End of table 3

Параметр Parameter	Взрослые Adults	Дети Children
Влияние на стоимость лечения Impact on the cost of treatment	Снижение на 1444 (от 146 до 3444) долл. США [42, 58] 1444 reduction (from 146 to 3444) \$ USA [42, 58]	Снижение на 2258,5 (от 860 до 5280) долл. США [41] Decrease by 2258.5 (from 860 to 5280) \$ USA [41]
Прочее Other	Статистически значимое снижение числа противорвотных средств после операции [61]. Statistically significant decrease in the number of antiemetics after surgery [61]	Большая удовлетворенность и комфорт в группе ERAS [41, 64] Greater satisfaction and comfort in the ERAS group [41, 64]
	Более быстрое и качественное восстановление, увеличение функциональной активности и мобилизации [34, 42, 62, 63] Faster and better recovery, increased functional activity and mobilization [34, 42, 62, 63]	
	Повышение удовлетворенности пациентов и медперсонала результатами лечения [42] Improving the satisfaction of patients and medical staff with the results of treatment [42]	

- Проведение декомпрессии и межтелового спондилодеза с фиксацией в поясничном отделе позвоночника по протоколу ERAS позволяет снизить сроки госпитализации [62, 67, 69, 70] и стоимость лечения [67, 69]; отмечается более раннее восстановление и реабилитация [62], статистически достоверное снижение приема противорвотных средств после операции [61], а также снижение времени операции и кровопотери [67, 69];
- При многоуровневом стенозе шейного отдела позвоночника (ламинопластика по Хирабаяши) [68] снизились сроки госпитализации на 2 сут и частота мочевых инфекций, а также отмечен лучший контроль над болью при сопоставимом уровне осложнений;
- В лечении радикулопатий шейного отдела позвоночника отмечено снижение в 2 раза сроков госпитализации с незначительным увеличением количества осложнений и с сохранением удовлетворенности пациентов результатами лечения [19].

Дети: нет публикаций по теме.

Опухолевые поражения позвоночника и спинного мозга

Взрослые:

- При первичных интраспинальных или метастатических опухолях позвоночника технология ERAS эффективна и безопасна без необходимости проведения повторной операции. При этом сокращение сроков госпитализации связано и коррелировало с предоперационной углеводной «загрузкой» (углеводный напиток перед операцией за 2 ч), использованием рассасывающегося материала при ушивании раны, избеганием использования дренажей,

ранним удалением мочевых катетеров, энтеральной нагрузкой и мобилизацией пациента [19];

- Снижение сроков госпитализации на 1,3 дня [63, 71];
- Неоднозначное влияние на уровень осложнений — больше в группе ERAS на 13,8 % (31,7 % против 17,9 %) [71] или меньше на 9,5 % (18,8 % против 28,3 %) [63]. Большой уровень осложнений в группе ERAS авторы связывают с тяжестью и неконтролируемостью течения онкологического заболевания [71];
- При метастатических опухолях эффективен в контроле послеоперационного болевого синдрома на фоне снижения потребления опиоидов. Сопоставимые сроки госпитализации, но несколько большая частота повторных госпитализаций на протяжении 1-го мес после выписки в группе ERAS (14,6 % против 8,9 %) [71].

Дети: нет публикаций по теме.

Деформации позвоночника

Взрослые [72]:

- Снижение сроков госпитализации на 2,8–3,0 дня без риска повторных госпитализаций в ближайшем послеоперационном периоде;
- Большая удовлетворенность пациентов лечением;
- Большие оценки персонала проводимого лечения;
- Снижение стоимости лечения на 121,735 фунта стерлинга.

Дети:

- Снижение сроков госпитализации на 1,1–1,6 дня (от 0,5 до 3 сут) [39, 57, 73–78] на фоне статистически незначимого повышения в группе ERAS [39, 73, 79] или сопоставимом уровне регоспитализации [57, 74, 77, 78];

- Сопоставимая частота повторных операций [39];
- Снижение общей стоимости лечения на 2725 (от 894 до 5280) долл. США [79, 80];
- Снижение объема кровопотери на 230 мл (от 75 [75] до 427 мл [60]), в том числе статистически значимое [60];
- Снижение времени операции на 83 мин (от 23 [79] до 144 мин [76]);
- Меньший [39, 76, 78, 81] или сопоставимый уровень боли (разница менее 1 балла по визуальной аналоговой шкале) [64, 78, 79];
- Снижение потребления опиоидов [77, 81], а также связанной с ними частоты побочных эффектов [78, 81];
- Большие удовлетворенность и комфорт [64], а также сопоставимая по качеству и срокам социальная реабилитация детей и их родителей [76];
- Снижение числа осложнений [39, 60, 64, 73, 78–81] на 8,2 % (от 2 [80] до 19 % [73]), в том числе статистически значимое [75];
- В структуре осложнений для групп ERAS менее характерны легочные [73] и желудочно-кишечные осложнения [80, 81], по раневой инфекции – сопоставимый [74–76, 79, 80] и меньший уровень осложнений [81];
- Большая удовлетворенность и комфорт [64], а также сопоставимая по качеству и срокам социальная реабилитация детей и их родителей [76];
- Внедрение технологии ERAS у пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом после заднего спондилодеза требует мультидисциплинарного подхода с ориентиром на пациента [57]

Инфекционные поражения позвоночника

Взрослые и дети: нет публикаций по теме.

Травма позвоночника и спинного мозга

Взрослые и дети: нет публикаций по теме.

На сегодняшний день нет исследований, посвященных применению ERAS при травме позвоночника и спинного мозга у взрослых и детей. Это можно объяс-

нить тем, что технология ускоренного восстановления изначально создавалась на основе патофизиологического анализа в плановой хирургии. При экстраполяции на экстренную хирургию возникает целый ряд отличительных особенностей и ограничений (невозможность проведения обучения и полноценной предоперационной подготовки, антибиотикотерапия вместо антибиотикопрофилактики и др.). Тем не менее объединение ERAS и экстренной хирургии возможно на платформе командного междисциплинарного подхода с позиций доказательной медицины, минимизации хирургического стресса, преемственности и применения современных реабилитационных программ. Мультидисциплинарный подход с позиций доказательной медицины приемлем для внедрения как в многопрофильных столичных клиниках, так и в небольших региональных больницах [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология ERAS является современной медицинской концепцией и обладает огромным потенциалом для развития хирургических отраслей во всем мире и, в частности, в пандемию COVID-19. Протоколы ERAS предлагают безопасные и экономичные подходы к периоперационному ведению пациента, которые на практике улучшают результаты хирургического лечения.

Для спинальной хирургии взрослых и детей ERAS является перспективной и активно развивающейся технологией, которая позволяет снизить сроки госпитализации без тенденции к увеличению частоты регоспитализаций, стоимость лечения, уровень осложнений, объем кровопотери и времени операции, болевого синдрома и потребления опиоидов на фоне более быстрой реабилитации и большей удовлетворенности пациентов и медперсонала результатами лечения. Тем не менее существует нехватка рандомизированных клинических исследований по ERAS в спинальной нейрохирургии, но надеемся, что первый официальный протокол даст импульс к активному внедрению ERAS в клиническую практику во всем мире.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Buttner M., Mayer A.M., Buchler B. et al. Economic analyses of fast-track total hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2020;30(1):67–74. DOI: 10.1007/s00590-019-02540-1
2. Cao Y, Gu H.Y., Huang Z.D. et al. Impact of enhanced recovery after surgery on postoperative recovery for pancreaticoduodenectomy: pooled analysis of observational study. *Front Oncol* 2019;30(9):687. DOI: 10.3389/fonc.2019.00687
3. Brown J.K., Singh K., Dumitru R. et al. The benefits of enhanced recovery after surgery programs and their application in cardiothoracic surgery. *Methodist DeBakey Cardiovasc J* 2018;14(2):77–88. DOI: 10.14797/mdcj-14-2-77
4. Golder H.J., Papalois V. Enhanced recovery after surgery: history, key advancements and developments in transplant surgery. *J Clin Med*; 2021;10(8):1634. DOI: 10.3390/jcm10081634
5. Olle L. Enhanced recovery after surgery and the ERAS Society. *J Pancreatol* 2019;2:65–8. DOI: 10.1097/JP9.000000000000025
6. Zatevachin I.I., Pasechnik I.N. The program of accelerated recovery in surgery (fast trak) has been introduced. What's the next? *Grekov's Bulletin of Surgery* 2018;177(3):70–5. DOI: 10.24884/0042-4625-2018-177-3-70-75
7. Ljungqvist O., Young-Fadok T., Demartines N. The history of enhanced recovery after surgery and the ERAS society. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2017;27(9):860–2. DOI: 10.1089/lap.2017.0350

8. George J.A., Koka R., Gan T.J. et al. Review of the enhanced recovery pathway for children: perioperative anesthetic considerations. *Can J Anaesth* 2018;65(5):569–77. DOI: 10.1007/s12630-017-1042-6
9. Patil S., Cornett E.M., Jesunathadas J. et al. Implementing enhanced recovery pathways to improve surgical outcomes. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2019;35(Suppl 1):S24–8. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_36_18
10. Ljungqvist O., Hubner M. Enhanced recovery after surgery-ERAS-principles, practice and feasibility in the elderly. *Aging Clin Exp Res*;30(3):249–252, Mar 2018, DOI: 10.1007/s40520-018-0905-1
11. Rove K.O., Edney J.C., Brockel M.A. Enhanced recovery after surgery in children: Promising, evidence-based multidisciplinary care. *Paediatr Anaesth* 2018;28(6):482–92. DOI: 10.1111/pan.13380
12. Licina A., Silvers A., Laughlin H. et al. Proposed pathway for patients undergoing enhanced recovery after spinal surgery: protocol for a systematic review. *Syst Rev* 2020;9(1):39. DOI: 10.1186/s13643-020-1283-2
13. Venkata H.K., van Dellen J.R. A perspective on the use of an enhanced recovery program in open, non-instrumented day surgery for degenerative lumbar and cervical spinal conditions. *J Neurosurg Sci*;62(3):245–54, Jun 2018, DOI: 10.23736/S0390-5616.16.03695-X
14. Dietz N., Sharma M., Adams S. et al. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) for spine surgery: a systematic review. *World Neurosurg* 2019;130:415–26. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.06.181
15. Debono B., Sabatier P., Garnault V. et al. Outpalmar microdiscectomy in france: from an economic imperative to a clinical standard – an observational study of 201 patients. *World Neurosurg* 2017;106:891–7. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.065
16. Debono B., Sabatier P., Garnault V. et al. Consensus statement for perioperative care in lumbar spinal fusion: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) society recommendations. *Spine J* 2021;21(5):729–52. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.01.001
17. Carr D.A., Saigal R., Zhang F. et al. Enhanced perioperative care and decreased cost and length of stay after elective major spinal surgery. *Neurosurg Focus* 2019;46(4):E5. DOI: 10.3171/2019.1.FOCUS18630
18. Garin C. Enhanced recovery after surgery in pediatric orthopedics (ERAS-PO). *Orthop Traumatol Surg Res* 2020;106(1S):S101–7. DOI: 10.1016/j.otsr.2019.05.012
19. Ljungqvist O., Scott M., Fearon K.C. Enhanced Recovery After Surgery: A Review. *JAMA Surg* 2017;152(3):292–8. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.4952
20. Ljungqvist O., Thanh N.X., Nelson G. ERAS-Value based surgery. *J Surg Oncol* 2017;116(5):608–12. DOI: 10.1002/jso.24820
21. Zhang X., Yang J., Chen X. et al. Enhanced recovery after surgery on multiple clinical outcomes: Umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(29):e20983. DOI: 10.1097/MD.00000000000020983
22. Liu V.X., Rosas E., Hwang J. et al. Enhanced recovery after surgery program implementation in 2 surgical populations in an Integrated Health Care Delivery System. *JAMA Surg* 2017;152(7):e171032. DOI: 10.1001/jamasurg.2017.1032
23. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth* 1997;78(5):606–17. DOI: 10.1093/bja/78.5.606
24. Bradshaw B.G., Liu S.S., R.C. Thirlby R.C. Standardized perioperative care protocols and reduced length of stay after colon surgery. *J Am Coll Surg* 1998;186(5):501–6. DOI: 10.1016/s1072-7515(98)00078-7
25. Kehlet H., Mogensen T. Hospital stay of 2 days after open sigmoidectomy with a multimodal rehabilitation programme. *Br J Surg* 1999;86(2):227–30. DOI: 10.1046/j.1365-2168.1999.01023.x
26. Maessen J., Dejong C.H., Hausel J. et al. A protocol is not enough to implement an enhanced recovery programme for colorectal resection. *Br J Surg* 2007;94(2):224–31. DOI: 10.1002/bjs.5468
27. Lassen K., Hannemann P., Ljungqvist O. et al. Patterns in current perioperative practice: survey of colorectal surgeons in five northern European countries. *BMJ* 2005;330(7505):1420–1. DOI: 10.1136/bmj.38478.568067.AE
28. Varadhan K.K., Neal K.R., Dejong C.H. et al. The enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway for patients undergoing major elective open colorectal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr* 2010;29(4):434–40. DOI: 10.1016/j.clnu.2010.01.004
29. Ljungqvist O. ERAS – enhanced recovery after surgery: moving evidence-based perioperative care to practice. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2014;38(5): 559–66. DOI: 10.1177/0148607114523451
30. Gillissen F., Hoff C., Maessen J.M. et al. Structured synchronous implementation of an enhanced recovery program in elective colonic surgery in 33 hospitals in The Netherlands. *World J Surg* 2013;37(5):1082–93. DOI: 10.1007/s00268-013-1938-4
31. ERAS Compliance Group. The impact of enhanced recovery protocol compliance on elective colorectal cancer resection: results from an International Registry. *Ann Surg* 2015;261(6):1153–9. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001029
32. Gustafsson U.O., Oppelstrup H., Thorell A. et al. Adherence to the ERAS protocol is Associated with 5-year survival after colorectal cancer surgery: a retrospective cohort study. *World J Surg* 2016;40(7):1741–7. DOI: 10.1007/s00268-016-3460-y
33. Fearon K.C., Ljungqvist O., Von Meyenfeldt M. et al. Enhanced recovery after surgery: a consensus review of clinical care for patients undergoing colonic resection. *Clin Nutr* 2005;24(3):466–77. DOI: 10.1016/j.clnu.2005.02.002
34. Nazarenko A.G., Kononov N.A., Krut'ko A.V. et al. Postoperative applications of the fast track technology in patients with herniated intervertebral discs of the lumbosacral spine. *Zh Vopr Neurokhir Im N.N. Burdenko* 2016;80(4):5–12. (In Eng./Russ.). DOI: 10.17116/neiro20168045-12
35. Elias K.M., Stone A.B., Mcgonigle K. et al. The Reporting on ERAS Compliance, Outcomes, and Elements Research (RECOVER) Checklist: A Joint Statement by the ERAS. *World J Surg* 2019;43(1):1–8. DOI: 10.1007/s00268-018-4753-0
36. Burgess L.C., Arundel J., Wainwright T.W. The effect of preoperative education on psychological, clinical and economic outcomes in elective spinal surgery: a systematic review. *Healthcare (Basel)* 2019;7(1):48. DOI: 10.3390/healthcare7010048
37. Elsarrag M., Soldozy S., Patel P. et al. Enhanced recovery after spine surgery: a systematic review. *Neurosurg Focus* 2019;46(4):E3. DOI: 10.3171/2019.1.FOCUS18700
38. Corniola M.V., Debono B., Joswig H. et al. Enhanced recovery after spine surgery: review of the literature. *Neurosurg Focus* 2019;46(4):E2. DOI: 10.3171/2019.1.FOCUS18657
39. Pennington Z., Cottrill E., Lubelski D. et al. Clinical utility of enhanced recovery after surgery pathways in pediatric spinal deformity surgery: systematic review of the literature. *J Neurosurg Pediatr* 2020;27(2):225–38. DOI: 10.3171/2020.7.PEDS20444
40. Kalinin A. A., Goloborodko V.Y., Shepelev V.V. et al. Accelerated recovery program for patients with polysegmental degenerative lumbar spine disease. *Sovrem Tekhnologii Med* 2021;13(2):74–81. DOI: 10.17691/stm2021.13.2.09
41. Сайфуллин А.П., Боков А.Е., Олейник А.Я. и др. Технология ускоренного восстановления в спинальной хирургии у детей и подростков: систематический обзор литературы. *Хирургия позвоночника* 2021;18(4): 6–27. DOI: 10.14531/ss2021.4.6-27
42. Сайфуллин А.П., Олейник А.Я., Боков А.Е. et al. Technology of accelerated recovery in spinal surgery in children and adolescents: a systematic review of the literature. *Hirurgiia pozvonocnika = Spine Surgery*;18(4):6–27, 2021. (In Russ.) DOI: 10.14531/ss2021.4.6-27
43. Сайфуллин А. П., Олейник А. Я., Боков А. Е. и др. Технология ускоренного восстановления ERAS в спинальной нейрохирургии: систематический обзор литературы. *Нейрохирургия* 2022;24(1):83–100. DOI: 10.17650/1683-3295-2021-24-1-83-100
44. Сайфуллин А.П., Олейник А.Я., Боков А.Е. et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) in spine surgery: A systematic review. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(1):83–100. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2021-24-1-83-100

43. Li C., Cheng Y., Li Z. et al. The pertinent literature of enhanced recovery after surgery programs: a bibliometric approach. *Medicina (Kaunas)* 2021;57(2):172. DOI: 10.3390/medicina57020172
44. Laughlin S.M., Alvarez A., Falcao L.F.D.R., Ljungqvist O. The History of ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) Society and its development in Latin America. *Rev Col Bras Cir* 2020 Jun 3;47:e20202525. DOI: 10.1590/0100-6991e-20202525
45. Collaborative C. Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *Br J Surg* 2020;107(11):1440–9. DOI: 10.1002/bjs.11746
46. Stone R., Scheib S. Advantages of, and adaptations to, enhanced recovery protocols for perioperative care during the COVID-19 pandemic. *J Minim Invasive Gynecol* 2021;28(3):481–9. DOI: 10.1016/j.jmig.2020.12.024
47. Wainwright T.W., Low M. Beyond acute care: Why collaborative self-management should be an essential part of rehabilitation pathways for COVID-19 patients. *J Rehabil Med* 2020;52(5):jrm00055. DOI: 10.2340/16501977-2685
48. Wainwright T.W. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) society recommendations. *Acta Orthop* 2020;91(3):363. DOI: 10.1080/17453674.2020.1724674
49. Kort N.P., Barrena E.G., Beard M. et al. Resuming elective hip and knee arthroplasty after the first phase of the SARS-CoV-2 pandemic: the European Hip Society and European Knee Associates recommendations. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28(9):2730–46. DOI: 10.1007/s00167-020-06233-9
50. Ljungqvist O., Nelson G., Demartines N. The Post COVID-19 Surgical Backlog: Now is the time to implement Enhanced Recovery After Surgery (ERAS). *World J Surg* 2020;44(10):3197–8. DOI: 10.1007/s00268-020-05734-5
51. Melnyk M., Casey R.G., Black P., Koupparis A.J. Enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols: Time to change practice? *Can Urol Assoc J* 2011;5(5):342–8. DOI: 10.5489/auaj.11002
52. Nasser R., Yadla S., Maltenfort M.G. et al. Complications in spine surgery. *J Neurosurg Spine* 2010;13(2):144–57. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09369
53. Yadla S., Maltenfort M.G., Ratliff J.K., Harrop J.S. Adult scoliosis surgery outcomes: a systematic review. *Neurosurg Focus* 2010;28(3):E3. DOI: 10.3171/2009.12.FOCUS09254
54. Zaed I., Bossi B., Ganau M. et al. Current state of benefits of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) in spinal surgeries: A systematic review of the literature. *Neurochirurgie* 2022;68(1):61–8. DOI: 10.1016/j.neuchi.2021.04.007
55. Pennington Z., Cottrill E., Lubelski D. et al. Systematic review and meta-analysis of the clinical utility of Enhanced Recovery After Surgery pathways in adult spine surgery. *J Neurosurg Spine* 2020 Nov 06;1–23. DOI: 10.3171/2020.6.SPINE20795
56. Koocheki R., Koyle M., Ibrahim G.M. et al. Comparison of interventions and outcomes of enhanced recovery after surgery: a systematic review and meta-analysis of 2456 adolescent idiopathic scoliosis cases. *Eur Spine J* 2021;30(12):3457–72. DOI: 10.1007/s00586-021-06984-0
57. Gadiya A.D., Koch J.E.J., Patel M.S. et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) in adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a meta-analysis and systematic review. *Spine Deform* 2021;9(4):893–904. DOI: 10.1007/s43390-021-00310-w
58. Tong Y., Fernandez L., Bendo J.A., Spivak J.M. Enhanced recovery after surgery trends in adult spine surgery: a systematic review. *Int J Spine Surg* 2020;14(4):623–40. DOI: 10.14444/7083
59. Fleege C., Arabmotlagh M., Al majali A., Rauschmann M. Pre- and postoperative fast-track treatment concepts in spinal surgery: patient information and patient cooperation. *Orthopade* 2014;43(12):1062–4, 1066–9. DOI: 10.1007/s00132-014-3040-5
60. Fletcher N.D., Shourbaji N., Mitchell P.M. et al. Clinical and economic implications of early discharge following posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop* 2014;8(3):257–63. DOI: 10.1007/s11832-014-0587-y
61. Smith J., Probst S., Calandra C. et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) program for lumbar spine fusion. *Perioper Med (Lond)* 2019;8(4).DOI: 10.1186/s13741-019-0114-2
62. Ali Z.S., Flanders T.M., Ozturk A.K. et al. Enhanced recovery after elective spinal and peripheral nerve surgery: pilot study from a single institution. *J Neurosurg Spine* 2019 Jan 25:1–9. DOI: 10.3171/2018.9.SPINE18681
63. Liu B., Liu S., Wang Y. et al. Enhanced recovery after intraspinal tumor surgery: a single-institutional randomized controlled study. *World Neurosurg* 2020;136:e542–52. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.01.067
64. Rao R.R., Hayes M., Lewis C. et al. Mapping the Road to Recovery: Shorter Stays and Satisfied Patients in Posterior Spinal Fusion. *J Pediatr Orthop* 2017;37(8):e536–42. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000773
65. Shao B., Tariq A.A., Goldstein H.E. et al. Opioid-Sparing Multimodal Analgesia After Selective Dorsal Rhizotomy. *Hosp Pediatr* 2020;10(1):84–9. DOI: 10.1542/hpeds.2019-0016
66. Debono B., Sabatier P., Boniface G. et al. Implementation of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocol for anterior cervical discectomy and fusion: a propensity score-matched analysis. *Eur Spine J* 2020;30(2):560–7. DOI: 10.1007/s00586-020-06445-0
67. Feng C., Zhang Y., Chong F. et al. Establishment and implementation of an Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) pathway tailored for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion surgery. *World Neurosurg* 2019;129:e317–23. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.05.139
68. Li J., Li H., Xv Z.K. et al. Enhanced recovery care versus traditional care following laminoplasty: A retrospective case-cohort study. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(48):e13195. DOI: 10.1097/MD.00000000000013195
69. Wang M.Y., Chang H.K., Grossman J. Reduced acute care costs with the ERAS minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion compared with conventional minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurgery* 2018;83(4):827–34. DOI: 10.1093/neuros/nyx400
70. Wang P., Wang Q., Kong C. et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) program for elderly patients with short-level lumbar fusion. *J Orthop Surg Res* 2020;15(1):299. DOI: 10.1186/s13018-020-01814-3
71. Grasu R.M., Cata J.P., Dang A.Q. et al. Implementation of an Enhanced Recovery After Spine Surgery program at a large cancer center: a preliminary analysis. *J Neurosurg Spine* 2018;29(5):588–98. DOI: 10.3171/2018.4.SPINE171317
72. Angus M., Jackson K., Smurthwaite G. et al. The implementation of enhanced recovery after surgery (ERAS) in complex spinal surgery. *J Spine Surg* 2019;5(1):116–23. DOI: 10.21037/jss.2019.01.07
73. Bellaire L.L., Bruce R.W. Jr, Ward L.A. et al. Use of an Accelerated Discharge Pathway in Patients With Severe Cerebral Palsy Undergoing Posterior Spinal Fusion for Neuromuscular Scoliosis. *Spine Deform* 2019;7(5):804–11. DOI: 10.1016/j.jspd.2019.02.002
74. DeVries Z., Barrowman N., Smit K. et al. Is it feasible to implement a rapid recovery pathway for adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal instrumentation and fusion in a single-payer universal health care system? *Spine Deform* 2020;8(6):1223–9. DOI: 10.1007/s43390-020-00146-w
75. Fletcher N.D., Andras L.M., Lazarus D.E. et al. Use of a Novel Pathway for Early Discharge Was Associated With a 48 % Shorter Length of Stay After Posterior Spinal Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2017;37(2):92–7. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000601
76. Fletcher N.D., Murphy J.S., Austin T.M. et al. Short term outcomes of an Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) pathway versus a traditional discharge pathway after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform* 2021;9(4):1013–9. DOI: 10.1007/s43390-020-00282-3

77. Gornitzky A.L., Flynn J.M., Muhly W.T., Sankar W.N. A rapid recovery pathway for adolescent idiopathic scoliosis that improves pain control and reduces time to inpatient recovery after posterior spinal fusion. *Spine Deform* 2016;4(4):288–95. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.01.001
78. Muhly W.T., Sankar W.N., Ryan K. et al. Rapid Recovery Pathway After Spinal Fusion for Idiopathic Scoliosis. *Pediatrics* 2016;137(4):e20151568. DOI: 10.1542/peds.2015-1568
79. Sanders A.E., Andras L.M., Sousa T. et al. Accelerated discharge protocol for posterior spinal fusion patients with adolescent idiopathic scoliosis decreases hospital postoperative charges 22. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(2):92–7. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001666
80. Raudenbush B.L., Gurd D.P., Goodwin R.C. et al. Cost analysis of adolescent idiopathic scoliosis surgery: early discharge decreases hospital costs much less than intraoperative variables under the control of the surgeon. *J Spine Surg* 2017;3(1):50–7. DOI: 10.21037/jss.2017.03.11
81. Julien-Marsollier F., Michelet D., Assaker R. et al. Enhanced recovery after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Paediatr Anaesth* 2020;30(10):1068–76. DOI: 10.1111/pan.13988

Вклад авторов:

А.П. Сайфуллин: разработка дизайна статьи, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, подготовка рисунков и таблиц, перевод протокола по спинальной хирургии, международное сотрудничество;

А.Е. Боков: написание текста статьи, научное редактирование и консультирование;

А.А. Мордвинов: разработка дизайна исследования, написание текста статьи, научное редактирование и консультирование, стилистическая правка текста;

С.Г. Млявх: разработка дизайна исследования, написание текста статьи, научное редактирование и консультирование.

Author's contribution

A.P. Saifullin: article design development, review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, preparation of figures and tables, translation of the protocol on spinal surgery, international cooperation;

A.E. Bokov: writing the text of the article, scientific editing and consulting;

A.A. Mordvinov: development of research design, writing the text of the article, scientific editing and consulting, stylistic editing of the text;

S.G. Mlyavkh: development of research design, writing the text of the article, scientific editing and consulting.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.П. Сайфуллин / A.P. Sayfullin: <https://orcid.org/0000-0003-0108-398X>

А.Е. Боков / A.E. Bokov: <https://orcid.org/0000-0002-5203-0717>

А.А. Мордвинов / A.A. Mordvinov: <https://orcid.org/0000-0003-2614-1787>

С.Г. Млявх / S.G. Mlyavkh: <https://orcid.org/0000-0002-6310-4961>

Благодарности. Коллектив авторов выражает свою признательность за помощь в написании статьи и сотрудничество президенту ERAS Society Olle Ljungqvist, а также Bertrand Debono, Santiago Loughlin и Cheng Li.

Thanks. The team of authors expresses its gratitude for the help in writing the article and cooperation to the President of the ERAS Society Olle Ljungqvist, as well as Bertrand Debono, Santiago Loughlin and Cheng Li.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 15.11.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 15.11.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023

ПРОТИВООТЕЧНАЯ ТЕРАПИЯ ГЛЮКОКОРТИКОИДАМИ У ПАЦИЕНТОВ С ГЛИОМАМИ: ЗА И ПРОТИВ

А.В. Природов^{1,2}, П.И. Соловьева¹, И.А. Хрипун³, М.М. Микаилов¹

¹ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия; 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

²«Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1;

³ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 344022 Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29

Контакты: Александр Владиславович Природов apriodov@yandex.ru

Цель работы – повышение уровня осведомленности о существующих схемах противоотечной терапии дексаметазоном у врачей разных специальностей (нейрохирургов, неврологов, реаниматологов, эндокринологов).

На основании данных научной литературы авторы дают подробное описание используемых ранее и существующих в настоящее время схем противоотечной терапии глюкокортикоидами (в частности, дексаметазоном) у пациентов с первичными и вторичными опухолями головного мозга и его оболочек. Авторы оценивают различные схемы назначения дексаметазона (от 2 до 64 мг/сут с дробным введением и однократные дозировки до 20 мг) пациентам с опухолями глиального ряда в плане эффективности терапии. Дан анализ рисков возникновения побочных эффектов и осложнений терапии. Выделены 3 группы рисков: ранние (нарушения углеводного обмена, психоэмоциональные симптомы, артериальная гипертензия, прибавка массы тела), поздние (экзогенный гиперкортицизм, нарушения липидного обмена, проксимальная миопатия, остеопороз, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, иммуносупрессивные состояния) и возникающие на фоне резкой отмены препарата (надпочечниковая недостаточность). В заключение авторы отметили способы возможного предотвращения и уменьшения побочных эффектов.

Ключевые слова: перитуморальный отек, опухоль головного мозга, глиомы, глюкокортикоиды, дексаметазон, противоотечная терапия

Для цитирования: Природов А.В., Соловьева П.И., Хрипун И.А., Микаилов М.М. Противоотечная терапия глюкокортикоидами у пациентов с глиомами: за и против. Нейрохирургия 2023;25(2):106–113. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-106-113

The use of glucocorticoids in the treatment of cerebral edema for glioma tumour patients: Pro and Contra

A. V. Prirodov^{1,2}, P. I. Solovyeva¹, I. A. Khripun³, M. M. Mikailov¹

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

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

³Rostov State Medical University, Ministry of Health of Russia; 29 Nakhichevansky Lane, Rostov-on-Don 344022, Russia
 Contacts: Alexander Vladislavovich Prirodov apriodov@yandex.ru

Aim. To improve awareness of existing treatment regimens of cerebral edema by dexamethasone among doctors of various specialties (neurosurgeons, neurologists, intensive care specialists, endocrinologists).

Based on scientific literature data the authors presented detailed descriptions of previously used and relevant now treatment regimens of cerebral edema by glucocorticoids (dexamethasone in particular). The authors estimated various dexamethasone prescribing schedules (2–64 mg doses fractionally used per day and one-time 20 mg dose) for glioma tumor patients for understanding the effectiveness of therapy. The authors analyzed the risks of possible therapy by-effects and complications. The risks were divided into the following groups: early (carbohydrate metabolic disorders,

psychoemotional symptoms, hypertension, weight gain), later (exogenous hypercorticism, lipid metabolic disorders, proximal myopathy, osteoporosis, gastric and duodenal ulcer disease, immunosuppressive conditions) and withdrawal syndrome (adrenal insufficiency). In conclusion, the authors noted the ways to possibly prevent and reduce the side effects.

Keywords: cerebral edema, cerebral tumour, glioma, glucocorticoids, dexamethasone, the treatment of cerebral edema

For citation: Prirodov A.V., Solovyeva P.I., Khripun I.A., Mikailov M.M. The use of glucocorticoids in the treatment of cerebral edema for glioma tumour patients. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2023;25(2):106–13. (In Russ.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-106-113

ВВЕДЕНИЕ

Среди опухолей центральной нервной системы (ЦНС) можно выделить более 100 гистологических подтипов, отличающихся эпидемиологией, клиническим течением, объемами проводимого лечения и исходом [1]. Несмотря на то что первичные опухоли ЦНС встречаются реже, процент смертности пациентов с данной онкологией непропорционально высок [2]. Только 1/3 пациентов преодолевает порог пятилетней выживаемости после постановки диагноза вне зависимости от объемов проведенного лечения [2]. В США за 2021 г. из 83 тыс. пациентов с диагностированными первичными опухолями ЦНС у 18,6 тыс. зарегистрирован летальный исход [2, 3]. Благодаря комплексному подходу к лечению (максимальная хирургическая резекция с последующей лучевой терапией и адъювантной химиотерапией) показатели смертности у пациентов с диагностированными опухолями глиального ряда за последнее десятилетие стали ниже: 27 % среди пациентов в возрасте от 20 до 39 лет [4, 5].

Глиобластома — наиболее распространенная форма первичных злокачественных опухолей головного мозга (ГМ) у взрослого населения (49 %) с низкой (15,3–21,7 мес) медианой выживаемости с момента постановки диагноза [2, 6, 7]. Современный комплексный подход в лечении должен быть направлен не только на улучшение исходов заболевания и увеличение продолжительности жизни у данной категории пациентов, но и на повышение качества жизни на всех этапах терапии [8].

ПРОТИВООТЕЧНАЯ ТЕРАПИЯ ГЛЮКОКОРТИКОИДАМИ У ПАЦИЕНТОВ С ОПУХОЛЯМИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

К одному из значимых факторов, оказывающих влияние на клиническое течение заболевания, относится перитуморальный отек вазогенного характера, который приводит к нарастанию масс-эффекта и повышению внутричерепного давления (ВЧД) [8]. Выраженный и быстро формирующийся отек ГМ является отличительной особенностью первичных злокачественных опухолей ГМ [9, 10]. В основе данного процесса лежит нарушение проницаемости гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), представляющего собой сложную структуру из эндотелиальных клеток капилляров ГМ, глиальных клеток (микроглия и астроциты), нейронов и периваскулярных клеток [11–14]. Прочность кон-

тактов ГЭБ обеспечивается белками-окклюдинами и регулируется эндотелиальными факторами роста [15, 16]. В обширно васкуляризированных глиальных опухолях подавляется синтез окклюдина, что нарушает плотность ГЭБ и его проницаемость. Функциональная несостоятельность ГЭБ также усугубляется незрелостью сосудов, прорастающих в опухоль [17, 18]. Изменения приводят к избыточному накоплению жидкости в паренхиматозных тканях, увеличению объема ГМ и нарастанию ВЧД [19].

Своевременно начатая противоотечная терапия имеет решающее значение для течения заболевания в целом [20]. К современным методам борьбы с отеком ГМ относят как хирургическое (вентрикулостомия и декомпрессивная трепанация черепа), так и терапевтическое (введение гипертонических жидкостей и глюкокортикоидов (ГК)) лечение [20]. ГК, применяемые с 1950-х годов для борьбы с перитуморальным отеком, являются важными регуляторами свойств ГЭБ наряду с факторами роста или кальцием. Их важнейший эффект — снижение проницаемости микрососудов. Молекулярные механизмы, лежащие в основе этого явления, обусловлены влиянием ГК на дифференцировку белков плотных контактов и увеличением трансэндотелиального электрического сопротивления, что и приводит к снижению проницаемости эндотелия [21, 22]. Вместе с тем ГК увеличивают реабсорбцию белков плазмы крови с последующей нормализацией градиента осмотического давления между периваскулярным и внеклеточным пространствами, уменьшают экспрессию молекул межклеточной и сосудистой адгезии, активно секретируемых эндотелиоцитами при нейровоспалительной реакции и способствующих экстравазации лимфоцитов через ГЭБ в ЦНС [22, 23]. Кроме того, они способствуют снижению экспрессии эндотелиального фактора роста в опухолевых клетках [24].

В клинической практике наиболее активно применяется дексаметазон (ДМ) — синтетический ГК с большим спектром биологических функций (включая мощное противовоспалительное действие) ввиду его доступности, быстрого, выраженного и длительного эффекта [21, 25]. Определяющее значение в выборе ДМ из всего многообразия синтетических ГК обусловлено его наименьшей минералокортикоидной активностью при высокой глюкокортикоидной активности, что позволяет избежать задержки жидкости и добиться максимального противоотечного эффекта. В ряде случаев

возникает актуальный вопрос о переводе с одного глюкокортикоидного препарата на другой. На сегодняшний день общепризнана следующая схема перевода: 0,375–0,5 мг дексаметазона $\approx$ 5 мг преднизолонa $\approx$ 4 мг метилпреднизолонa (пропорциональное соотношение 1: 10: 8) [26].

Одно из первых клинических исследований эффективности ДМ у пациентов с глиальными опухолями и метастазами ГМ проведено в Университете Миннесоты в 1961 г. под руководством J. Galicich. В результате была сформирована следующая схема приема ДМ: 10–40 мг однократно внутривенно болюсно с последующим введением 4 мг каждые 6 ч. Схема суточной дозировки (16 мг с 4-кратным введением) стала основной схемой дозирования ДМ на длительное время и повсеместно [21, 24].

В течение полувека проведено множество исследований, посвященных подбору оптимальной схемы дозирования ДМ. Рассмотрим наиболее крупные из них. R. Marty и M.L. Cain (1973) использовали несколько схем дозирования ДМ у пациентов с внутримозговыми метастазами ($n = 10$). Они получили следующий результат: при дозе 6 мг/сут — улучшение у 2/3 пациентов в виде уменьшения неврологического дефицита, при 8 мг/сут — неврологическое улучшение у всех пациентов, при 12 мг/сут — положительный эффект у 2/3 пациентов [27].

J.W. Fletcher и соавт. (1975) оценивали эффективность ДМ для борьбы с перитуморальным отеком при метастазах ГМ. При назначении ДМ в дозе 8 мг/сут у всех пациентов ($n = 8$) отмечался положительный эффект на 10-е сутки, доза 12 мг/сут давала улучшение у части пациентов на 8-е сутки, при 16 мг/сут у всех пациентов отмечался эффект через 10 дней. Однако через 9 и 14 дней у половины группы раступало ухудшение [28]. K. Graham и F.I. Caird (1978) использовали 2 схемы назначения ДМ (12 и 16 мг/сут) у пациентов ($n = 8$) с метастазами ГМ. Существенных различий в клиническом эффекте ими не выявлено [29].

R.D. Pezner и J.A. Lipsett (1982) в группе из 106 пациентов с метастазами ГМ назначили ДМ 97 пациентам в дозах 8 мг/сут и более 12 мг/сут. Существенных различий в клиническом эффекте выявлено не было, однако при дозировке более 12 мг/сут отмечены такие побочные эффекты, как язвенная болезнь желудка (у 5,6 %), гипергликемия (у 6,7 %) и стероидная миопатия (у 4,5 %) [30].

W. Muller и соавт. (1984) включили в свое исследование разнородную группу пациентов ($n = 37$) как с глиальными опухолями, так и с метастатическими поражениями ГМ, которым был назначен ДМ в дозе 4 мг 4 раза в сутки в течение 7 дней с последующим снижением до 4 мг 1 раз в сутки. Курс терапии длился от 10 до 20 дней и полностью прекращался в день операции. При оценке объема отека до и после проведения терапии значимых различий не было выявлено [31].

C.J. Vecht и соавт. (1994) разделили 89 пациентов с метастазами ГМ на 2 группы: в 1-й группе пациенты получали ДМ в дозе 8 мг/сут, во 2-й — 16 мг/сут, при этом на 7-й день выявлено клиническое улучшение в 1-й (60 %) и 2-й (54 %) группах. В продолжение терапии 1-я группа получала ДМ в дозе 4 мг/сут, 2-я группа — 16 мг/сут. На 7-й день терапии ДМ клиническое улучшение отмечалось у 67 % пациентов 1-й группы и у 70 % — 2-й [32].

Описанные исследования включали небольшие выборки пациентов и имели достаточно разнородные результаты. Поэтому в 1994 г. для оптимизации противоотечного лечения проведено крупное рандомизированное клиническое исследование эффективности ДМ у 89 пациентов с метастазами ГМ. Были оценены 3 схемы суточного дозирования: 4, 8 и 16 мг/сут на 7-й и 28-й дни лечения. Существенной разницы в противоотечном эффекте у пациентов без дислокации ГМ не отмечалось. Однако риск побочных эффектов был значительно выше при дозировке более 16 мг/сут [32].

Аналогичных по масштабу исследований для пациентов с опухолями глиального ряда не проводилось [32]. Однако в последнее десятилетие вопрос противоотечной терапии у данной категории пациентов стал вновь актуален. J. Dietrich и соавт. (2011) предложили больным с глиомами при наличии выраженной неврологической симптоматики однократное введение 20 мг ДМ с последующим переходом к дозировке 16 мг/сут с 2- или 4-кратным введением [33]. D. Dubinski и соавт. (2018) для терапии ДМ у пациентов с опухолями глиального ряда ($n = 113$) использовали следующую схему дозирования: 12 мг/сут в ходе предоперационной подготовки (4 ± 1 день) с последующим болюсным введением 40 мг ДМ в день операции и переходом к 8 мг/сут (внутривенно) в 1-е сутки после операции. В альтернативной группе в ходе предоперационной подготовки ДМ не вводился, его применяли только в день операции и после проведения хирургического лечения. При оценке клинической симптоматики и нейровизуализационных критериев существенных различий между группами не выявлено [34].

R. Patel и соавт. предложили назначать пациентам ($n = 28$) с глиальными опухолями ДМ по 16 мг 2 раза в сутки в течение 2 дней с момента поступления в стационар, отметив уменьшение объема отека в среднем на 1,7 % [35]. В то время как ряд исследователей советовали не назначать больным с глиальными опухолями лечение ДМ при наличии рентгенологических признаков перитуморального вазогенного отека без симптомов [36–38].

Наиболее актуальная и применяемая в настоящее время схема назначения ДМ пациентам с метастазами ГМ и глиальными опухолями представлена в руководстве M.S. Greenberg (2019). Схема состоит в следующем: первично ДМ вводится в дозе 10 мг внутривенно с последующим назначением 6 мг с интервалом в 6 ч.

В случаях выраженного вазогенного отека допустимо использование до 10 мг ДМ каждые 4 ч. Для пациентов, уже получающих терапию ГК, рекомендовано удвоить дозировку при клиническом ухудшении [39].

В проведенном метаанализе R. Sarin и V. Murthy выделили ряд факторов, определяющих выраженность ответа на противоотечную терапию ГК у пациентов с метастатическими и глиальными опухолями ГМ:

- 1) выраженность и характер неврологических симптомов: у пациентов с симптомами повышения ВЧД терапия давала лучший эффект, чем у пациентов с очаговой неврологической симптоматикой;
- 2) этиология опухоли и сопутствующего отека: более быстрый ответ в виде уменьшения объема перитуморального отека наблюдался при метастазах ГМ [40];
- 3) сопутствующая терапия: например, прием противосудорожных препаратов уменьшает период полувыведения ДМ и его биодоступность в 2 раза и более [40].

Для уточнения современных схем периоперационного назначения ГК у пациентов с метастатическими и глиальными опухолями ГМ проведено крупное исследование с участием 175 нейрохирургов из 55 стран мира. Большая часть специалистов ($n = 130$, 74 %) ответила, что назначают ДМ в периоперационный период, 73 нейрохирурга (45 %) – всем пациентам, 72 (44 %) – пациентам с неврологической симптоматикой, 17 (11 %) учитывали другие причины при назначении терапии (нейровизуализационные данные и т. п.). Единый режим дозирования для всех пациентов присутствовал у 75 (46 %) опрошенных. При этом 2/3 врачей отметили наличие внутренних рекомендаций по назначению стероидной терапии на уровне медицинского учреждения. Препаратом выбора сделали ДМ 148 опрошенных (94 %), тогда как 9 (6 %) прописали метилпреднизолон/преднизолон или бетаметазон [41].

Дозы ДМ варьировались от 2 до 64 мг/сут с кратностью приема от 1 до 4 раз. Наиболее часто используемыми схемами стали: 16 мг/сут (49 врачей, 31 %), 12 мг/сут (31 врач, 20 %) и 8 мг/сут (18 врачей, 12 %). Объективной связи между назначенной дозой, характеристиками медучреждения и стажем врача не выявлено [41].

Помимо того, что схемы назначения ДМ в нейрохирургическом сообществе достаточно разнообразны, подходы к противоотечной терапии отличаются и у врачей других специальностей. Например, онкологи придерживаются тактики введения суточной дозировки препарата за 1 или 2 раза, с чем не согласны в нейрохирургическом сообществе [42].

Определенная сложность в назначении ДМ обусловлена многочисленными побочными эффектами, степень выраженности которых зависит от режима дозирования и отмены препаратов, длительности курса и соматических особенностей пациента. К ранним

побочным эффектам приема ГК можно отнести нарушение углеводного обмена, психоэмоциональные симптомы, артериальную гипертензию, увеличение массы тела. При длительной терапии ГК к ним присоединяются симптомы экзогенного гиперкортицизма, нарушение липидного обмена, проксимальная миопатия, остеопороз, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, а также иммуносупрессивные состояния [43–47]. Помимо этого, осложнения могут возникнуть и при резкой отмене ГК после длительного курса терапии вследствие подавления гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, когда развивается такое жизнеугрожающее состояние, как надпочечниковая недостаточность [48]. При этом продолжительность лечения играет даже более значимую роль, чем доза глюкокортикоидных препаратов: чем длительнее терапия, тем выше вероятность подавления функции надпочечников [49].

Установлено, что побочные явления возникают более чем у 50 % пациентов, получающих ДМ, вне зависимости от типа опухоли [41, 50]. Наиболее часто среди них развиваются гипергликемия, проявления экзогенного гиперкортицизма и психоэмоциональные симптомы [51]. В основе возникновения гипергликемии лежит контринсулярное действие ГК, в том числе нарушение чувствительности рецепторов к инсулину и активация глюконеогенеза в печени. Стероиды вызывают 2 % всех случаев сахарного диабета (СД) [52]. Нужно отметить, что побочные эффекты ГК зависят не только от дозы и длительности терапии, но и от преморбидного фона и генетической предрасположенности пациента. Так, вероятность возникновения стероидной гипергликемии значительно выше у лиц с ожирением и предиабетом, тогда как психоэмоциональные симптомы чаще встречаются у лиц с семейным анамнезом депрессии или алкоголизма [53].

Несмотря на сказанное, абсолютных противопоказаний к назначению ГК не существует, тем более при жизнеугрожающих состояниях. Среди относительных противопоказаний можно выделить язвенную болезнь желудка или двенадцатиперстной кишки, неконтролируемую артериальную гипертензию, туберкулез, некомпенсированный СД и гиперкортицизм, тяжелую почечную и печеночную недостаточность, выраженный остеопороз [54–56]. Такой группе пациентов требуется проведение тщательного мониторинга и превентивной терапии состояний, потенциально опасных при лечении ГК. Перед началом терапии рекомендовано измерение роста, артериального давления, определение индекса массы тела, изучение показателей углеводного обмена (глюкозы крови натощак, гликированного гемоглобина) и липидограммы [57].

Основной принцип терапии ГК – использование их минимальной дозы в течение кратчайшего периода времени. Очень важно, чтобы в каждом случае доза гормонов была оптимальной. Выбор дозы, превышающей

оптимальную, быстро приводит к развитию побочных эффектов, тогда как доза ниже оптимальной увеличивает сроки лечения без разрешения патологического процесса [57].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕКСАМЕТАЗОНА У ПАЦИЕНТОВ С ГЛИОМАМИ

Назначение ДМ у пациентов с опухолями глиального ряда практикуется долгие годы, более того, ДМ назначается на протяжении всего периоперационного периода (в том числе и на поздних послеоперационных этапах), во время прохождения лучевой и химиотерапии [58, 59].

Основная сложность при ведении данной категории пациентов заключается в комбинированном лечении. Так, сочетание терапии ДМ и химиотерапии снижает показатели выживаемости данной категории пациентов почти в 2 раза, а именно: для общей выживаемости это 12,7 мес с терапией стероидами и 22,6 мес без них, для выживаемости без рецидивов — 3,6 и 8,4 мес соответственно [60]. Одна из причин таких исходов — выраженный иммуносупрессивный эффект ДМ [61, 62]. Хотя часть исследований не выявили связи терапии ДМ и общей выживаемости пациентов с недавно диагностированной глиобластомой [34, 63], J.B. Iorgulescu и соавт. (2021) доказали низкий уровень выживаемости и неудовлетворительный исход заболевания у пациентов с глиобластомой при проведении терапии ДМ в до- и послеоперационном периодах [60, 64]. Для уточнения данного утверждения они провели крупный и единственный в своем роде метаанализ с участием 2230 пациентов с ГБ, в результате которого выявили, что использование ДМ в дозировках не менее 2 мг/сут связано с короткой общей выживаемостью пациентов с ГБ [65]. При этом у половины больных данной группы зарегистрированы побочные эффекты (эндокринные нарушения, гипергликемия и психические симптомы) [66–68].

Как выявлено в недавнем исследовании Z. Ali и соавт., уровень глюкозы у пациентов с первичными опухолями ГМ ($n = 35$) повышался в среднем на 30 % уже при первом использовании ДМ в дозе 10 мг [69].

R.L. Dettl и соавт. в метаанализе выявили прямую связь уровня дексаметазон-спровоцированной гликемии и дальнейшей выживаемости пациентов с недавно диагностированной ГБ. Они установили, что при медиане уровня глюкозы в крови до 9,4 ммоль/л общая выживаемость составила 14,5 мес, а при повышении медианы до 13,7 ммоль/л и более — 9,1 мес [70].

К. Nagan и соавт. установили, что при медиане уровня глюкозы до 18 ммоль/л и более в раннем и отсроченном послеоперационных периодах наблюдались наиболее неблагоприятные исходы в виде снижения общей выживаемости на 30 % и более [71].

В ретроспективном исследовании К. Keshwani и соавт. наблюдали 2 группы пациентов: в 1-й — 50 че-

ловек с первичными опухолями ГМ после проведенного радикального хирургического лечения и во 2-й — 15 пациентов с первичными опухолями ГМ после лучевой терапии. По гистологической принадлежности опухоли глиального ряда встречались в 38 % случаев. ДМ получали 82 % пациентов на разных этапах лечения. При определении уровня гликированного гемоглобина выявлено, что в 1-й группе у 32 % пациентов встречалась стероид-ассоциированная гипергликемия, которая в 16 % случаев требовала госпитализации. У пациентов 2-й группы в 33 % случаев выявлена гипергликемия, в связи с чем им назначена гипогликемическая терапия. Автор рекомендует проводить динамический мониторинг уровня глюкозы крови, а также гликированного гемоглобина с самого начала противоопухолевой терапии ДМ у пациентов с первичными опухолями ГМ для ранней коррекции гипергликемии и глюкозотоксичности [72].

Особое внимание до начала терапии ДМ стоит уделять больным с уже диагностированным СД. Р. Pantelidis и соавт. провели обследование 56 пациентов с опухолями ГМ и сопутствующим СД, которым была назначена терапия ДМ. Измерение уровня глюкозы в крови проводилось с 1-го дня приема ДМ в утренние часы в течение 7 дней. Было выявлено значительное повышение уровня глюкозы в сыворотке крови с риском формирования стойкой гипергликемии при отсутствии адекватной гипогликемической терапии. Однако влияния на течение заболевания в госпитальный период (увеличение времени пребывания в стационаре) и госпитальную смертность не установлено. Контроль данной группы пациентов в отдаленном периоде не проводился [73].

В связи с изложенным вопрос о необходимости скорейшей отмены ДМ при достижении необходимого клинического эффекта очень актуален. Важно придерживаться стратегии, что чем выше доза ДМ и продолжительнее лечение, тем более медленной и постепенной должна быть отмена препарата. В настоящее время предложено несколько схем постепенного снижения дозы ДМ с полной его отменой. Например, на фоне клинической стабильности при длительности терапии ДМ до 2 нед в дозе 4–8 мг рекомендовано снижение дозы на 2 мг каждые 3 дня до суточной дозы 2 мг, а затем сохранение минимальной (1 мг/сут) дозировки 3 дня с последующей отменой [13]. При приеме ДМ свыше 2 нед в суточной дозе более 8 мг рекомендуется каждые 5–7 дней снижать дозу на 2 мг, доводя ее до 2 мг/сут и сохраняя минимальную (1 мг/сут) дозу 5–7 дней с последующей отменой ДМ [74].

Ряд исследователей предложили полный отказ от терапии ГК у пациентов с глиальными опухолями [75].

Согласно утвержденным в 2008 г. и действующим в настоящее время рекомендациям Конгресса нейрохирургов (США), лечение ДМ пациента с первичными

злокачественными опухолями необходимо начинать с дозы 16 мг/сут, разделенной на 4 приема [76].

В настоящее время J. Goldberg и соавт. проводят исследование по выявлению минимально необходимой дозировки ДМ для пациентов с опухолями глиального ряда. Планируется набор группы из 50 пациентов с назначением препарата в дозе 4 мг/сут или полным отказом от противоотечной терапии и последующей оценкой «неудачных» исходов при ограничительном режиме использования ДМ [77].

В настоящее время в России нет четко регламентированных схем дозирования ГК пациентам с глиальными опухолями. На основании клинических рекомендаций по первичным опухолям ЦНС от 2019 г. назначение ГК (дексаметазон, преднизолон) в плане дегидратационной терапии производится симптоматически при наличии нарастающего неврологического дефицита и признаках отека мозга (головная боль, спутанность сознания). Подбирается минимально необходимая доза. После регресса симптомов необходимо постепенное снижение дозировки до полной отмены при отсутствии возобновления симптомов [78]. Согласно действующему на территории РФ Приказу Минздрава России от 13 апреля 2021 г. № 346н «Об утверждении стандартов медицинской помощи взрослым при первичных опухолях центральной нервной системы» Департамента города Москвы, ДМ является единственным ГК в перечне стандарта лекарственных средств. Средняя суточная дозировка ДМ 15 мг, сред-

няя курсовая дозировка — 630 мг, что соответствует усредненному курсу приема 42 дня [79].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на многолетний опыт использования ДМ для борьбы с перитуморальным отеком у пациентов с опухолями ГМ, единых рекомендаций по срокам и режимам дозирования с учетом не только неврологической симптоматики и нейровизуализационных данных, но и гистологических характеристик тканей, соматических особенностей пациента, не существует. Терапия ДМ назначается в дозах от 2 до 32 мг/сут (средняя суточная доза 16 мг) с различной кратностью (средняя $n = 2$). А основным критерием для начала терапии служит неврологическая симптоматика, обусловленная нарастанием ВЧД, без учета соматических особенностей пациента и оценки рисков возможных осложнений.

При возрастающей частоте встречаемости первичных злокачественных опухолей ГМ, специфике их течения и требующемся многоэтапном лечении уточнение схемы дозирования ДМ на всех этапах терапии данной категории пациентов остается наиболее актуальной темой. Необходимо проведение дальнейших исследований по анализу влияния ДМ на течение заболевания при опухолях глиального ряда, чтобы назначение терапии ГК стало оправданным, а результат противоотечного лечения превышал все побочные эффекты и риски.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Miller K.D., Ostrom Q.T., Kruchko C. et al. Brain and other central nervous system tumor statistics, 2021. *CA Cancer J Clin* 2021;71(5):381–406. DOI: 10.3322/caac.21693
2. Siegel R.L., Miller K.D., Fuchs H.E. et al. *Cancer Statistics* 2021. *CA Cancer J Clin* 2021;71(1):7–33. DOI: 10.3322/caac.21654
3. Ostrom Q.T., Patil N., Cioffi G. et al. CBTRUS statistical report: primary brain and other central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2013–2017. *Neuro Oncol* 2020;22(12 Suppl 2):iv1–96. DOI: 10.1093/neuonc/noaa200
4. Ostrom Q.T., Cote D.J., Ascha M. et al. Adult glioma incidence and survival by race or ethnicity in the United States from 2000 to 2014. *JAMA Oncol* 2018;4(9):1254–62. DOI: 10.1001/jamaoncol.2018.1789
5. Ostrom Q.T., Rubin J.B., Lathia J.D. et al. Females have the survival advantage in glioblastoma. *Neuro Oncol* 2018;20(4):576–7. DOI: 10.1093/neuonc/noy002
6. Wen P.Y., Kesari S. Malignant gliomas in adults. *N Engl J Med* 2008;359(5):492–507. DOI: 10.1056/NEJMra0708126
7. Hedley-Whyte E.T., Hsu D.W. Effect of dexamethasone on blood-brain barrier in the normal mouse. *Ann Neurol* 1986;19(4):373–7. DOI: 10.1002/ana.410190411
8. Roth P., Regli L., Tonder M. et al. Tumor-associated edema in brain cancer patients: pathogenesis and treatment. *Expert Rev Anticancer Ther* 2013;13(11):1319–25. DOI: 10.1586/14737140.2013.852473
9. Stummer W. Mechanisms of tumor-related brain edema. *Neurosurg Focus* 2007;22(5):E8. DOI: 10.3171/foc.2007.22.5.9
10. Lin K.T., Wang L.H. New dimension of glucocorticoids in cancer treatment. *Steroids* 2016;11:84–8. DOI: 10.1016/j.steroids.2016.02.001
11. Kaur C., Ling E.A. Blood brain barrier in hypoxic-ischemic conditions. *Curr Neurovasc Res* 2008;5(1):71–81. DOI: 10.2174/156720208783565645
12. Wolburg H., Lippoldt A. Tight junctions of the blood-brain barrier: development, composition and regulation. *Vascul Pharmacol* 2002;38(6):323–37. DOI: 10.1016/S1537-1891(02)00200-8
13. Zlokovic B.V. The blood-brain barrier in health and chronic neurodegenerative disorders. *Neuron* 2008;57(2):178–201. DOI: 10.1016/j.neuron.2008.01.003
14. Zozulya A., Weidenfeller C., Galla H.J. Pericyte-endothelial cell interaction increases MMP-9 secretion at the blood-brain barrier *in vitro*. *Brain Res* 2008;1189:1–11. DOI: 10.1016/j.brainres.2007.10.099
15. Kubota K., Furuse M., Sasaki H. et al. Ca²⁺-independent cell-adhesion activity of claudins, a family of integral membrane proteins localized at tight junctions. *Curr Biol* 1999;9(18):1035–8. DOI: 10.1016/s0960-9822(99)80452-7
16. Wolburg H., Noell S., Fallier-Becker P. et al. The disturbed blood-brain barrier in human glioblastoma. *Mol Aspects Med* 2012;33(5–6):579–89. DOI: 10.1016/j.mam.2012.02.003
17. Dubois L.G., Campanati L., Righy C. et al. Gliomas and the vascular fragility of the blood brain barrier. *Front Cell Neurosci* 2014;8:418. DOI: 10.3389/fncel.2014.00418
18. Salmaggi A., Gelati M., Pollo B. et al. CXCL12 in malignant glial tumors: a possible role in angiogenesis and cross-talk between

- endothelial and tumoral cells. *J Neurooncol* 2004;67(3):305–17. DOI: 10.1023/b:neon.0000024241.05346.24
19. Papadopoulos M.C., Saadoun S., Woodrow C.J. et al. Occludin expression in microvessels of neoplastic and non-neoplastic human brain. *Neuropathol Appl Neurobiol* 2001;27(5):384–95. DOI: 10.1046/j.0305-1846.2001.00341.x
 20. Raslan A., Bhardwaj A. Medical management of cerebral edema. *Neurosurg Focus* 2007;22(5):E12. DOI: 10.3171/foc.2007.22.5.13
 21. Galicich J.H., French L.A., Melby J.C. Use of dexamethasone in treatment of cerebral edema associated with brain tumors. *J Lancet* 1961;81:46–53. PMID: 13703072
 22. Salvador E., Shityakov S., Förster C. Glucocorticoids and endothelial cell barrier function. *Cell Tissue Res* 2014;355(3):597–605. DOI: 10.1007/s00441-013-1762-z
 23. Kotsarini S., Griffiths P.D., Wilkinson I.D. et al. A systematic review of the literature on the effects of dexamethasone on the brain from *in vivo* human studies: implications for physiological brain imaging in patients with intracranial tumors. *Neurosurgery* 2010;67(6):1799–815. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3181fa775b
 24. Kim H., Lee J.M., Park J.S. et al. Dexamethasone regulates angiopoietin-1 and VEGF in a coordinated manner: a mechanism for glucocorticoid-induced stabilization of the blood-brain barrier. *Biochem Biophys Res Commun* 2008;372(1):243–8. DOI: 10.1016/j.bbrc.2008.05.025
 25. Lim-Fat M.J., Bi W.L., Lo J. et al. Letter: When Less is More: Dexamethasone Dosing for Brain Tumors. *Neurosurgery* 2019;85(3):E607–8. DOI: 10.1093/neuros/nyz186
 26. Мокрышева Н.Г., Мельниченко Г.А., Адамян Л.В. и др. Клинические рекомендации «Врожденная дисфункция коры надпочечников (адреногенитальный синдром)». Ожирение и метаболизм 2021;18(3):345–82. DOI: 10.14341/omet12787
 27. Marty R., Cain M.L. Effects of corticosteroid (dexamethasone) administration on the brain scan. *Radiology* 1973;107(1):117–21. DOI: 10.1148/107.1.117
 28. Fletcher J.W., George E.A., Henry R.E. et al. Brain scans, dexamethasone therapy, and brain tumors. *JAMA* 1975;232(12):1261–3.
 29. Graham K., Caird F.I. High-dose steroid therapy of intracranial tumour in the elderly. *Age Ageing* 1978;7(3):146–50. DOI: 10.1093/ageing/7.3.146
 30. Pezner R.D., Lipsett J.A. Peptic ulcer disease and other complications in patients receiving dexamethasone palliation for brain metastasis. *West J Med* 1982;137(5):375–8. PMID: 6184892
 31. Muller W., Kretschmar K., Schicketanz K.H. CT-analyses of cerebral tumors under steroid therapy. *Neuroradiology* 1984;26(4):293–8. DOI: 10.1007/BF00339773
 32. Vecht C.J., Hovestadt A., Verbiest H.B. et al. Dose-effect relationship of dexamethasone on Karnofsky performance in metastatic brain tumors: a randomized study of doses of 4, 8, and 16 mg per day. *Neurology* 1994;44(4):675–80. DOI: 10.1212/wnl.44.4.675
 33. Dietrich J., Rao K., Pastorino S. et al. Corticosteroids in brain cancer patients: benefits and pitfalls. *Expert Rev Clin Pharmacol* 2011;4(2):233–42. DOI: 10.1586/ecp.11.1
 34. Dubinski D., Won S.Y., Gessler F. et al. Dexamethasone-induced leukocytosis is associated with poor survival in newly diagnosed glioblastoma. *J Neurooncol* 2018;137(3):503–10. DOI: 10.1007/s11060-018-2761-4
 35. Patel R., Bookout A.L., Magomedova L. et al. Glucocorticoids regulate the metabolic hormone FGF21 in a feed-forward loop. *Mol Endocrinol* 2015;29(2):213–3. DOI: 10.1210/me.2014-1259
 36. Ryken T.C., McDermott M., Robinson P.D. et al. The role of steroids in the management of brain metastases: a systematic review and evidence-based clinical practice guideline. *J Neurooncol* 2010;96(1):103–14. DOI: 10.1007/s11060-009-0057-4
 37. Kostaras X., Cusano F., Kline G.A. et al. Use of dexamethasone in patients with high-grade glioma: a clinical practice guideline. *Curr Oncol* 2014;21(3):e493–503. DOI: 10.3747/co.21.1769
 38. Expert Panel on Radiation Oncology-Brain Metastases, Lo S.S., Gore E.M., Bradley J.D. et al. ACR Appropriateness Criteria® pre-irradiation evaluation and management of brain metastases. *J Palliat Med* 2014;17(8):880–6. DOI: 10.1089/jpm.2014.9417
 39. Greenberg M.S. *Handbook of Neurosurgery*: 9th ed. Thieme Verlagsgruppe, 2019. 1784 p.
 40. Sarin R., Murthy V. Medical decompressive therapy for primary and metastatic intracranial tumours. *Lancet Neurol* 2003;2(6):357–65. DOI: 10.1016/s1474-4422(03)00410-1
 41. Jessurun C.A.C., Hulsbergen A.F.C., Lamba N. et al. Practice variation in perioperative steroid dosing for brain tumor patients: an international survey. *World Neurosurg* 2022; 159:e431–41. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.12.067
 42. Jessurun C.A.C., Hulsbergen A.F.C., Cho L.D. et al. Evidence-based dexamethasone dosing in malignant brain tumors: what do we really know? *J Neurooncol* 2019;144(2):249–64. DOI: 10.1007/s11060-019-03238-4
 43. Fardet L., Cabane J., Lebb C. et al. Incidence and risk factors for corticosteroid lipodystrophy: a prospective study. *J Am Acad Dermatol* 2007;57(4):604–9. DOI: 10.1016/j.jaad.2007.04.018
 44. Dropcho E.J., Soong S.J. Steroid-induced weakness in patients with primary brain tumors. *Neurology* 1991;41(8):1235–9. DOI: 10.1212/wnl.41.8.1235
 45. Galicich J.H., French L.A. Use of dexamethasone in the treatment of cerebral edema resulting from brain tumors and brain surgery. *Am Pract Dig Treat* 1961;12:169–74. PMID: 13703073
 46. Gere S.P., Grossman S.A. Interstitial fluid flow along white matter pathways: a potentially important mechanism for the spread of primary brain tumors. *J Neurooncol* 1997;32(3):193–201. DOI: 10.1023/a:1005761031077
 47. Sanderkok P.A., Soane T. Corticosteroids in acute ischemic stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;2011(9):CD00064. DOI: 10.1002/14651858.CD00064.pub2
 48. Kaal E.C., Vecht C.J. Treatment of cerebral edema in brain tumors. *Curr Opin Oncol* 2004;16(6):593–600. DOI: 10.1097/01.cco.0000142076.52721.b3
 49. Doumeizel P.M., Robin F., Ballerie A. et al. Side effects of longterm oral corticosteroid therapy. *Rev Prat* 2021;71(6):587–96. PMID: 34553543
 50. Hempen C., Weiss E., Hess C.F. Dexamethasone treatment in patients with brain metastases and primary brain tumors: do the benefits outweigh the side-effects? *Support Care Cancer* 2002;10(4):322–8. DOI: 10.1007/s00520-001-0333-0
 51. Dubinski D., Hattingen E., Senft C. et al. Controversial roles for dexamethasone in glioblastoma – Opportunities for novel vascular targeting therapies. *J Cereb Blood Flow Metab* 2019;39(8):1460–8. DOI: 10.1177/0271678X19859847
 52. Beaupere C., Liboz A., Fève B. et al. Molecular mechanisms of glucocorticoid-induced insulin resistance. *Int J Mol Sci* 2021;22(2):623. DOI: 10.3390/ijms22020623
 53. Moghadam-Kia S., Werth V.P. Prevention and treatment of systemic glucocorticoid side effects. *Int J Dermatol* 2010;49(3):239–48. DOI: 10.1111/j.1365-4632.2009.04322.x
 54. Hodgson A., Sharman T. Corticosteroids. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 Jan. 2021 Oct 16.
 55. Ericson-Neilsen W., Kaye A.D. Steroids: pharmacology, complications, and practice delivery issues. *Ochsner J* 2014;14(2):203–7.
 56. Noetzelin S., Breville G., Seebach J.D. et al. Short-term glucocorticoid-related side effects and adverse reactions: a narrative review and practical approach. *Swiss Med Wkly* 2022;152:w30088. DOI: 10.4414/smw.2022.w30088
 57. Liu D., Ahmet A., Ward L. et al. A practical guide to the monitoring and management of the complications of systemic corticosteroid therapy. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2013;9(1):30. DOI: 10.1186/1710-1492-9-30
 58. Cenciarini M., Valentino M., Belia S. et al. Dexamethasone in Glioblastoma Multiforme Therapy: Mechanisms and Controversies. *Front Mol Neurosci* 2019;12:65. DOI: 10.3389/fnmol.2019.00065
 59. Kostaras X., Shea-Budgell M.A., Malcolm E. et al. Is there a role for clinical practice guidelines in multidisciplinary tumor board meetings? A descriptive study of knowledge transfer between

- research and practice. *J Cancer Educ* 2012;27(1):42–5. DOI: 10.1007/s13187-011-0263-6
60. Shields L.B.E., Shelton B.J., Shearer A.J. et al. Dexamethasone administration during definitive radiation and temozolomide renders a poor prognosis in a retrospective analysis of newly diagnosed glioblastoma patients. *Radiat Oncol* 2015;10:222. DOI: 10.1186/s13014-015-0527-0
 61. Zhou L., Shen Y., Huang T. et al. The prognostic effect of dexamethasone on patients with glioblastoma: a systematic review and meta-analysis. *Front Pharmacol* 2021;12:727707. DOI: 10.3389/fphar.2021.727707
 62. Wong E.T., Lok E., Gautam S. et al. dexamethasone exerts profound immunologic interference on treatment efficacy for recurrent glioblastoma. *Br J Cancer* 2015;113(2):232–41. DOI: 10.1038/bjc.2015.238
 63. Lee C., Ahn S., Park J.S. et al. Effect of cumulative dexamethasone dose during concomitant chemoradiation on lymphopenia in patients with newly diagnosed glioblastoma. *Brain Tumor Res Treat* 2020;8(2):71–6. DOI: 10.14791/btrt.2020.8.e12
 64. Iorgulescu J.B., Gokhale P.C., Speranza M.C. et al. Concurrent dexamethasone limits the clinical benefit of immune checkpoint blockade in glioblastoma. *Clin Cancer Res* 2021;27(1):276–87. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-20-2291
 65. Gu Y.T., Xue Y.X., Wang P. et al. Dexamethasone enhances calcium-activated potassium channel expression in blood-brain tumor barrier in a rat brain tumor model. *Brain Res* 2009;1259:1–6. DOI: 10.1016/j.brainres.2008.12.080
 66. Hempen C., Elfering S., Mulder A.H. et al. Dexamethasone suppression test: development of a method for simultaneous determination of cortisol and dexamethasone in human plasma by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Ann Clin Biochem* 2012;49(Pt2):170–6. DOI: 10.1258/acb.2011.011004
 67. Derr R.L., Ye X., Islas M.U. et al. Association between hyperglycemia and survival in patients with newly diagnosed glioblastoma. *J Clin Oncol* 2009;27(7):1082–6. DOI: 10.1200/JCO.2008.19.1098
 68. Arvold N.D., Armstrong T.S., Warren K.E. et al. Corticosteroid use endpoints in neuro-oncology: Response Assessment in Neuro-Oncology Working Group. *Neuro Oncol* 2018;20(7):897–906. DOI: 10.1093/neuonc/noy056
 69. Ali Z., Shah M.A., Mir S.A. et al. Effects of single dose of dexamethasone on perioperative blood glucose levels in patients undergoing surgery for supratentorial tumors – An Observational Study. *Anesth Essays Res* 2020;14(1):56–61. DOI: 10.4103/aer.AER_21_20
 70. Derr R.L., Ye X., Islas M.U. et al. Association between hyperglycemia and survival in patients with newly diagnosed glioblastoma. *J Clin Oncol* 2009;27(7):1082–6. DOI: 10.1200/JCO.2008.19.1098
 71. Hagan K., Bhavsar S., Arunkumar R. et al. Association between perioperative hyperglycemia and survival in patients with glioblastoma. *J Neurosurg Anesthesiol* 2017;29(1):21–9. DOI: 10.1097/ANA.0000000000000339
 72. Keshwani K., Raymond L., Shawe-Taylor M. et al. Effect of early integration of diabetic services in primary brain tumor patients receiving radical radiotherapy on steroid-induced diabetic complications and hospital admission. *J Clin Oncol* 2020;38(15 Suppl) 2020 ASCO Annual Meeting I. DOI: 10.1200/JCO.2020.38.15_suppl.e14522 Доступно по: https://ascopubs.org/doi/abs/10.1200/JCO.2020.38.15_suppl.e14522.
 73. Pantelidis P., Tsitsopoulos P.P., Pappa E. et al. The effect of diabetes mellitus on in-hospital hyperglycemia, length of stay and survival in patients with brain tumor receiving dexamethasone: A descriptive and comparative analysis. *Clin Neurol Neurosurg* 2019;184:105450. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105450
 74. Barbero-Bordallo N., Gomez-Vicente L. Use of steroids in neuro-oncology. *Rev Neurol* 2019;68(9):389–97. DOI: 10.33588/rn.6809.2019083
 75. Afshari A.R., Sanati M., Aminyavari S. et al. Advantages and drawbacks of dexamethasone in glioblastoma multiforme. *Crit Rev Oncol Hematol* 2022;172:103625. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2022.103625
 76. Olson J.J., Ryken T. Guidelines for the treatment of newly diagnosed glioblastoma: introduction. *J Neurooncol* 2008;89(3):255–8. DOI: 10.1007/s11060-008-9595-4
 77. Restrictive Use of Dexamethasone in Glioblastoma (RESDEX). University Hospital Inselspital, Berne. 2020-. [ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04266977](https://clinicaltrials.gov/Identifier/NCT04266977). Доступно по: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/578_1
 78. Первичные опухоли центральной нервной системы: клинические рекомендации. М., 2020. Доступно по: <https://www.ruans.org/Text/Guidelines/primary-tumors-of-cns-2020.pdf>
 79. Об утверждении стандартов медицинской помощи взрослым при первичных опухолях центральной нервной системы. Приказ Минздрава России от 13 апреля 2021 г. № 346н. Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/603591177>

Вклад авторов

А.В. Природов: 30 % – идея исследования, подготовка плана статьи, внесение правок, окончательное утверждение текста;
П.И. Соловьева: 40 % – сбор первичного материала, написание статьи, подготовка текста к печати;
И.А. Хрипун: 20 % – внесение правок, окончательное утверждение текста, написание статьи;
М.М. Микайлов: 10 % – сбор первичного материала.

Author's contribution

A.V. Prirodov: 30 % – the idea of the study, preparation of the outline of the article, making edits, final approval of the text;
P.I. Solovyeva: 40 % – collecting primary material, writing an article, preparing the text for printing;
I.A. Khripun: 20 % – making edits, final approval of the text, writing an article;
M.M. Mikailov: 10 % – collection of primary material.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.В. Природов / A.V. Prirodov: <https://orcid.org/0000-0003-2444-8136>
П.И. Соловьева / P.I. Solovyeva: <https://orcid.org/0000-0001-6858-6210>
И.А. Хрипун / I.A. Khripun: <https://orcid.org/0000-0003-0284-295X>
М.М. Микайлов / M.M. Mikailov: <https://orcid.org/0000-0003-3363-7940>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
Financing. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 16.11.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.
Article submitted: 16.11.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

НИЗКОПОТОЧНЫЙ ЭКСТРА-ИНТРАКРАНИАЛЬНЫЙ АНАСТОМОЗ В ОСТРЕЙШЕМ И ОСТРОМ ПЕРИОДАХ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА КАРОТИДНОГО И ВЕРТЕБРО-БАЗИЛЯРНОГО БАССЕЙНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.В. Щербинин

СПбГБУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы»; Россия, 195257 Санкт-Петербург, ул. Вавиловых, 14, лит. А

Контакты: Антон Владимирович Щербинин antoxia@yandex.ru

Введение. Эффективность метода реваскуляризации головного мозга с помощью экстра-интракраниального микроанастомоза (ЭИКМА) при хронической недостаточности кровоснабжения головного мозга изучена в нескольких рандомизированных мультицентровых исследованиях. Проведен анализ доступных публикаций, посвященных этой методике, за 10 лет при острых инсультах в каротидном бассейне и за 20 лет при ишемических инсультах в вертебро-базиллярном бассейне.

Цель работы – улучшение результатов лечения ишемических инсультов с помощью экстренных низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов в острейшем и остром периодах.

В 12 публикациях за последние 10 лет, выбранных в поисковой системе PubMed, выявлены 194 случая применения экстренных ЭИКМА в острейшем и остром периодах ишемического инсульта в каротидном бассейне. В 6 публикациях за 20 лет найдено 127 случаев применения экстренных экстра-интракраниальных анастомозов в острейшем и остром периодах ишемического инсульта в вертебро-базиллярном бассейне. Средний возраст пациентов каротидной группы составил 61,7 года (от 21 года до 96 лет), вертебро-базиллярной группы – 65 лет (от 30 лет до 81 года). Соотношение между мужчинами и женщинами в обеих группах равнялось 3:1. Критериями выполнения анастомоза в обеих группах были нарастание неврологической симптоматики более 4 баллов по шкале тяжести инсульта Национальных институтов здоровья США (NIHSS), незначительные ишемические изменения паренхимы головного мозга при нейровизуализации (не менее 8 баллов по шкале оценки начальных изменений на компьютерно-томографическом (КТ) исследовании при инсульте (Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS), признаки грубых атеросклеротических поражений крупных сосудов каротидного и вертебро-базиллярного бассейнов. В 83 случаях в каротидной группе проводили исследование перфузионно-диффузионного несоответствия в бассейне средней мозговой артерии по данным магнитно-резонансной томографии или КТ-перфузии. В 111 случаях каротидной и в большинстве случаев вертебро-базиллярной групп выполнение микроанастомозов было основано на клинико-диффузионных несоответствиях между выраженными клиническим прогрессированием инсульта и незначительными ишемическими изменениями головного мозга при нейровизуализации. В каротидной группе в течение суток после возникновения инсульта выполнено 127 (65 %) микроанастомозов между поверхностной височной артерией и М3–М4 ветвями средней мозговой артерии и 67 (35 %) в течение ближайших 7 дней после манифестации. Благоприятных исходов (0–2 балла по модифицированной шкале исходов Рэнкина – modified Rankin Scale, mRS) оказалось 78 % (151 случай), неблагоприятных (более 2 баллов по mRS) – 22 % (43 случая), летальность составила 3 %. В вертебро-базиллярной группе угнетение сознания до комы и наличие сформированных ишемических очагов в полушариях мозжечка не являлись противопоказаниями к данным операциям. Преобладали (90 случаев) анастомозы между поверхностной височной и верхней мозжечковой артериями. Летальность составила 5 % из-за осложнений сопутствующей патологии в послеоперационном периоде. Благоприятные исходы (0–2 балла по mRS) зарегистрированы в 97 (76 %) случаях, неблагоприятные – в 30 (24 %) случаях.

Заключение. Применение низкопоточного ЭИКМА в остром периоде инсульта каротидного и вертебро-базиллярного бассейнов может улучшить результаты лечения пациентов, у которых внутривенный тромболизис или внутрисосудистые вмешательства оказались неэффективными.

Ключевые слова: низкопоточный экстра-интракраниальный анастомоз, ишемический инсульт

Для цитирования: Щербинин А.В. Низкопоточный экстра-интракраниальный анастомоз в острейшем и остром периодах ишемического инсульта каротидного и вертебро-базиллярного бассейнов (обзор литературы). Нейрохирургия 2023;25(2):114–29. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-114-129

Low-flow extra-intracranial bypass in acute carotid and vertebrobasilar ischemic stroke (literature review)

A. V. Shcherbinin

City Hospital of the Holy Martyr Elizabeth; lit. A, 14 Vavilovskh St., Saint Petersburg 195257, Russia

Contacts: Anton Vladimirovich Shcherbinin antoxia@yandex.ru

Introduction. The effectiveness of the method of revascularization of the brain using extra-intracranial bypass in chronic insufficiency of blood supply to the brain has been studied in several randomized multicenter studies. The analysis of available publications devoted to this technique for 10 years with acute strokes in the carotid basin and for 20 years with ischemic strokes in the vertebrobasilar basin was carried out.

Aim. To improve the results of treatment of ischemic strokes with the help of emergency extra-intracranial low-flow bypasses in the acute and acute period.

In 12 publications over the past 10 years, selected from the PubMed search engine, 194 cases of the use of emergency extra-intracranial microbypasses in the acute and acute period of ischemic stroke in the carotid basin were identified, 127 cases of emergency extra-intracranial bypass were found in 6 articles during the last 20 years in the acute phase of vertebra-basilar area stroke. Middle patient age in carotid group was 61.9 years, and 65 years in vertebral patient's group. The male/female ratio was 3/1. The main indications for the bypass creation were: worsening of neurologic deficit from 4 and more according to the Stroke Severity Scale of the US National Institutes of Health, minimal or not significant computed tomography (CT) or diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DW-MRI) ischemia brain changes (not lower than 8 points on the scale of assessment of initial changes in the computed tomographic (CT) examination for stroke Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS), signs of significant brachiocephalic arteries atherosclerotic stenosis. In 83 carotid group cases perfusion-diffusion mismatch was distinguished before bypass creation. In 111 carotid cases and in priority of vertebra-basilar cases clinic-diffusion mismatch was the only indication for emergency extra-intracranial bypass creation. During the first 24 hours 65 % of carotid group bypass were performed, in other 35 % of cases bypasses were performed during 1 week after the stroke onset. There were 78 % of good results (<2 on the Rankin outcome scale, mRS) and 22 % of poor (mRS >2) in carotid stroke group. Mortality was 3 %. In vertebral group, coma was not contraindication for emergency extra-intracranial bypass creation. In most cases, 70 % of bypass were performed between superficial temporal artery and superior cerebellar artery. Mortality in vertebral stroke group was 5 %, mostly because of somatic pathology worsening. Good results were achieved in 76 % of cases.

Conclusion. In some cases of atherosclerotic carotid and vertebrobasilar ischemic stroke, results of recovery can be approved greatly with use of emergency low-flow extra-intracranial bypass, if intravenous thrombolysis and endovascular thromboextraction were failed.

Keywords: emergency extra-intracranial bypass, carotid ischemic stroke, vertebrobasilar ischemic stroke

For citation: Shcherbinin A.V. Low-flow extra-intracranial bypass in acute carotid and vertebrobasilar ischemic stroke (literature review). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):114–29. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-114-129

ВВЕДЕНИЕ

Метод ревазуляризации головного мозга с помощью экстра-интракраниального микроанастомоза (ЭИКМА) описан R. M. Donaghy и M. G. Yasargil в 1968 г. [1]. Эффективность данного метода при хронической недостаточности кровоснабжения головного мозга изучена в нескольких рандомизированных мультицентровых исследованиях: COSS (Carotid Occlusion Surgery Study) и JET (Japanese EC–IC Bypass Trial) [2, 3]. Крупных рандомизированных исследований, посвященных применению ЭИКМА в острейшем и остром периодах ишемического инсульта, не проводилось, однако отдельных сообщений об успешном его использовании для ревазуляризации головного мозга на ранних сроках ишемического инсульта встречается достаточно много [4]. Под «острейшим» подразумевается период до 5 сут от начала инсульта, к острому относят инсульт в течение 28 дней от первых симптомов.

Цель работы — улучшение результатов лечения ишемических инсультов с помощью экстренных низкопо-

точных экстра-интракраниальных анастомозов в острейшем и остром периодах.

Проведен анализ доступных публикаций, посвященных этой методике, за 10 лет при инсультах в каротидном бассейне и за 20 лет при ишемических инсультах в вертебро-базиллярном бассейне. При анализе публикаций для возможного применения метода на практике обращалось внимание на следующие факторы:

- 1) Сроки наложения анастомоза: все случаи были разделены на группу ранних (выполняемых в 1-е сутки) и группу отсроченных (выполненных в течение 7 дней от регистрации инсульта) анастомозов.
- 2) Показания к выполнению анастомозов, использованные авторами (степень выраженности неврологического дефицита и его динамика в предоперационном периоде, результаты данных нейровизуализации и исследований перфузии головного мозга, выраженность атеросклеротического поражения крупных артериальных брахиоцефальных сосудов).

- 3) Метод выбора сосуда-реципиента и способ определения необходимого числа анастомозов у 1 пациента.
- 4) Изменение динамики неврологической симптоматики после операции.
- 5) Наличие ранних и поздних послеоперационных ишемических осложнений (увеличение зоны уже существующего инфаркта, появление новых зон инфарктов).
- 6) Обострение сопутствующей патологии в послеоперационном периоде и влияние этого на исход случая.
- 7) Оценка конечных исходов (удовлетворительный и неудовлетворительный).
- 8) Анализ летальности.

В результате проведенного анализа мы сформулировали обобщенные показания к применению низкопоточного ЭИКМА в раннем периоде ишемического инсульта.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭКСТРА-ИНТРАКРАНИАЛЬНОГО МИКРОАНАСТОМОЗА В РАННЕМ ПЕРИОДЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА В КАРОТИДНОМ БАССЕЙНЕ

В поисковой системе PubMed выбраны 12 работ с 2010 по 2020 г., посвященных этой теме. Более ранние работы не включались в исследование, так как в них авторы редко использовали современные методики нейровизуализации (диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография — Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging, DW-MPT), оценки перфузии головного мозга, шкалу тяжести неврологического дефицита (The National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) и модифицированную шкалу исходов Рэнкина (Modified Rankin Scale, mRS) 1957 г. Полученные в результате анализа результаты внесены в табл. 1.

Общая характеристика случаев

По результатам отобранных для исследования работ в 1-ю нед после инсульта выполнено 194 экстренных низкопоточных экстра-интракраниальных анастомоза. Средний возраст пациентов — 61,7 года (21 год — 96 лет). Соотношение между мужчинами и женщинами составило 3:1.

Применение тромболиза и внутрисосудистых методов лечения

Во всех проанализированных работах обсуждался или проводился системный тромболизис или внутрисосудистая тромбэкстракция в острейшем периоде инсульта. Эффективность данных видов лечения либо оказалась неудовлетворительной, либо от их использования пришлось отказаться из-за противопоказаний или анатомических особенностей строения магистральных сосудов, что привело к дальнейшему нараста-

нию неврологического дефицита. Все пациенты получали максимально полную стандартную медикаментозную терапию.

Сроки формирования анастомоза от момента последнего ухудшения

Оценивалось время выполнения анастомоза от момента принятия решения: наложены 127 (65 %) ранних анастомозов в 1-е сутки и 67 (35 %) отсроченных — в течение недели после ухудшения. В 4 случаях перед анастомозом выполнялась открытая тромбэкстракция из средней мозговой артерии.

Характеристика морфологических изменений и патологии крупных брахиоцефальных сосудов, послуживших причиной инсульта

В ходе обследования во всех случаях с помощью компьютерной томографической (КТ), магнитно-резонансной (МР) или церебральной ангиографии в качестве причины развития ишемического инсульта выявлены следующие варианты атеросклеротических поражений крупных брахиоцефальных артерий:

- окклюзия или стеноз более 90 % внутренней сонной артерии на всем протяжении — 81 (42 %) случай,
- окклюзия или стеноз М1-сегмента средней мозговой артерии — 69 (35 %) случаев,
- окклюзия М2-сегментов средней мозговой артерии — 2 случая,
- синхронные окклюзии внутренней сонной и средней мозговой артерии — 5 случаев,
- в 37 случаях авторы не предоставили детализированную информацию об объеме атеросклеротического поражения, послужившего причиной инсульта и поводом для выполнения операции.

Особенности техники выполнения экстра-интракраниального низкопоточного микроанастомоза

В 123 случаях артерией-донором служила поверхностная височная артерия. В 1 случае из-за гипотрофии поверхностной височной артерии использовалась ветвь задней ушной артерии [11]. Сосудом-реципиентом в 123 случаях выбрана корковая ветвь (ветви) средней мозговой артерии с созданием микроанастомоза по типу «конец в бок». В 1 случае использовался М3-сегмент средней мозговой артерии с анастомозом «конец в конец» [13].

Отследить абсолютное число одинарных и двойных анастомозов, выполненных без учета регионарной гемодинамики, не удалось. Однако в 2 работах описан дифференцированный подход к выбору между одиночным или двойным анастомозом [5]. Для этого с помощью доплеровской флоуметрии или ангиографии с индоцианином зеленым находили сосуд-реципиент с низкой скоростью кровотока и выполняли с ним анастомоз одной из ветвей поверхностной височной

Таблица 1. Осложнения и исходы экстренных низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов при ишемическом инсульте в каротидном бассейне
Table 1. Complications and outcomes of urgent low-flow extra-intracranial bypasses in acute carotid strokes

Автор и год публикации Author and dates of publications	Число анастомозов, выполненных после инсульта Number of bypasses performed after stroke		Метод оценки обратимости ишемии мозга Methods of ischemia reversibility assessment		Число осложнений после операции Number of complications after surgery						Исходы по шкале Рэнкина, абс. Rankin scale outcomes, abs.	
	в 1-й день in 1 st day	в 1-ю нед in 1 st week	Клинико-диффузионное несоответствие Clinic-diffusion mismatch	Перфузионно-диффузионное несоответствие Perfusion-diffusion mismatch	Расширение зоны ишемии Ischemia zone extension	Новые инфаркты после операции New strokes	Связанные с сопутствующей патологией Somatic deterioration	Геморрагические осложнения Hemorrhagic complication	Летальные исходы Deaths	<2 баллов (удовлетворительные) <2 points (satisfactory)	>2 баллов (неудовлетворительные) >2 points (unsatisfactory)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
T. Horiuchi и соавт. (2013) [5] T. Horiuchi et al. (2013) [5]	34	24	Да	—	23	2	2	—	1	43	15	
G. Hwang и соавт. (2011) [6] G. Hwang et al. (2011) [6]	9	—	—	Да	—	5	—	—	—	6	3	
E. Nussbaum и соавт. (2010) [7] E. Nussbaum et al. (2010) [7]	13	—	Да	—	—	—	—	—	—	13	—	
T. Sugiyama и соавт. (2015) [8] T. Sugiyama et al., (2015) [8]	—	14	—	Да	3	—	—	1	—	12	2	
A. Inoue и соавт. (2017) [9] A. Inoue et al. (2017) [9]	—	9	—	Да	1	—	—	—	—	9	0	
S. Lee и соавт. (2013) [10] S. Lee et al. (2013) [10]	—	20	—	Да	—	—	—	—	—	14	—	
J. Burkhardt и соавт. (2018) [11] J. Burkhardt et al. (2018) [11]	8	—	—	Да.	—	—	—	—	—	8	—	

Окончание табл. 1
End of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Н. Park и соавт. (2017) [12] H. Park et al. (2017) [12]	21	–	–	Да	–	1	–	1	–	16	5
С. Lee и соавт. (2017) [13] C. Lee et al. (2017) [13]	1	–	–	Да	–	–	–	–	–	1	–
Ж. Choi и соавт. (2016) [14] J. Choi et al. (2016) [14]	1	–	–	Да	–	–	–	–	–	1	–
Т. Kimura и соавт. (2020) [15] T. Kimura et al. (2020) [15]	35	–	Да	–	–	1	3	1	–	22	10
Р. Kanematsu и соавт. (2018) [16] R. Kanematsu et al. (2018) [16]	5	–	Да	–	–	–	–	–	–	3	2

артерии. Затем измеряли изменения скорости кровотока в корковых сосудах бассейна М2-сегмента другой ветви средней мозговой артерии и, если скорость кровотока там изменялась недостаточно, выполняли дополнительный анастомоз с корковыми сосудами этой зоны. Авторы старались не выбирать для анастомоза артерию, непосредственно участвующую в кровоснабжении зоны ишемии.

Оценка неврологического статуса пациента перед формированием анастомоза

Во всех работах критериями для выполнения анастомоза выбраны:

- 1) наличие неврологического дефицита не менее 4 баллов по NIHSS,
- 2) прогрессивное нарастание неврологического дефицита по NIHSS — более 4 и до 26 баллов,
- 3) уровень социальной адаптации до момента инсульта — не более 2 баллов по шкале mRS.

Складывается впечатление, что для большинства авторов было принципиальным наличие отрицательной динамики в неврологическом статусе на фоне проводимой стандартной терапии. В этом случае принималось решение о выполнении ревааскуляризации, или ЭИКМА, как следующей линии терапии.

Результаты нейровизуализации

Во всех работах основным методом оценки размеров инсульта являлась программа DW-MPT. В раннем периоде инсульта этот метод оказался более чувствительным в сравнении с КТ-исследованием головного мозга в 1-е сутки после инсульта. При этом размеры инсульта определялись по шкале оценки начальных изменений на КТ при инсульте (Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS) [17]. Во всех публикациях акцентировано внимание на том, что у выбранных для анастомозов пациентов зона таких изменений минимальна и составляет не менее 8 баллов по шкале ASPECTS. В некоторых работах авторы основываются на объеме очага ишемии не более 30 мл. Отсутствие признаков инсульта на нативном КТ-исследовании головного мозга — также один из критериев для выполнения анастомоза.

Важным условием для принятия решения о выполнении ЭИКМА в острейшем периоде инсульта оказалось нарастание зоны изменений по результатам DW-MPT при динамическом исследовании.

Оценка зоны потенциально обратимых изменений мозга

Для получения информации о зоне потенциально обратимых изменений головного мозга (*лат. penumbra* — «полутень») проводилось сопоставление и выявление несоответствия (*mismatch*) между объемом мозговой ткани с необратимыми ишемическими изменениями по данным DW-MPT и объемом мозговой ткани с пер-

фузионными расстройствами по данным перфузионной МРТ (или перфузионно-взвешенной визуализации — *Perfusion-Weighted Visualization, PWI*), где площадь такой (еще жизнеспособной, но ишемизированной) ткани мозга оценивалась по изменениям со снижением среднего времени доставки контраста более 6 с [18–20]. В большинстве работ диагностически важным было наличие разницы в данных объемах от 120 % и более. В 2 работах использовали методику КТ-перфузии. В этом случае обращали внимание на несоответствие площадей мозга со сниженным мозговым кровотоком (*cerebral blood flow, CBF*) и мозговым объемом крови (*cerebral blood volume, CBV*) и только сниженным *CBV*. Наличие таких несоответствий свидетельствует о зонах с обратимыми нарушениями кровообращения [21, 22].

Всего выполнены 83 (43 %) анастомоза с применением оценки перфузии головного мозга в дооперационный период. В 111 (57 %) случаях перфузионные методики перед выполнением ревааскуляризации с помощью экстра-интракраниального анастомоза не применялись. В этих случаях основным критерием для выполнения анастомоза являлось клинко-диффузионное несоответствие, при котором отмечались нарастание неврологической симптоматики и отсутствие значимых признаков ишемии головного мозга при выполнении нативной КТ головного мозга или МРТ в режиме DW-изображений.

Мы сравнили результаты выполнения низкпоточных экстра-интракраниальных анастомозов в раннем периоде атеросклеротического инсульта в группах пациентов с проведением перед операцией исследования перфузии головного мозга (группа 1) и без его проведения (группа 2), данные суммированы в табл. 2. При сравнении числа повторных инсультов или расширения зоны первичного инсульта оказалось, что в группе 1 таких всего 5 (7,2 %) случаев, а в группе 2 — 26 (24 %). Однако число благоприятных исходов в обеих группах сопоставимо и достигает 75–80 %. Таким образом, использование перфузионных методов исследования головного мозга для выявления перфузионно-диффузионного несоответствия может помочь в отборе более перспективных пациентов и снизить число ранних ишемических осложнений при выполнении экстренных ЭИКМА в острейшем периоде инсульта. Однако, как показали результаты работ некоторых авторов, использование только клинко-диффузионного несоответствия в острейшем периоде инсульта для принятия решения о выполнении экстренного ЭИКМА также привело к высокому проценту благоприятных исходов, хотя и было сопряжено с большим числом послеоперационных осложнений.

Динамика неврологического статуса в раннем послеоперационном периоде

Результаты оценивались в баллах по NIHSS в течение 1-й нед после операции. Оказалось, что улучшение

Таблица 2. Сравнительные результаты применения низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов в острейшем и остром периодах ишемического инсульта в каротидном бассейне у пациентов с выполнением перфузионного компьютерного или магнитно-резонансного томографического (КТ или МРТ) исследования кровоснабжения головного мозга и без него в предоперационном периоде

Table 2. Comparison of results of urgent low-flow extra-intracranial (ec-ic) bypasses application in acute carotid stroke in patients with and without perfusion computer or magnetic (KT or MRT) resonance imaging examination of blood supply to the brain before operation

Параметр сравнения Comparison parameter	Группа 1 (анастомоз выполнен на основании КТ-или МРТ-подтвержденного перфузионно-диффузионного несоответствия) Group 1. Ec-ic bypass was performed after approved CT-or MRI-perfusion-diffusion mismatch	Группа 2 (анастомоз выполнен по результатам клиничко-диффузионного несоответствия) Group 2. Ec-ic bypass was performed on the basis of clinic-diffusion mismatch
Авторы и год публикации Authors and dates of publications	G. Hwang и соавт. (2011) [6], T. Sugiyama и соавт. (2015) [8], A. Inoue и соавт. (2017) [9], S. Lee и соавт. (2013) [10], J. Burkhardt и соавт. (2018) [11], H. Park и соавт. (2017) [12], C. Lee и соавт. (2017) [13], J. Choi и соавт. (2016) [14] G. Hwang et al. (2011) [6], T. Sugiyama et al. (2015) [8], A. Inoue et al. (2017) [9], S. Lee et al. (2013) [10], J. Burkhardt et al. (2018) [11], H. Park et al. (2017) [12], C. Lee et al. (2017) [13], J. Choi et al. (2016) [14]	T. Horiuchi и соавт. (2013) [5], E. Nussbaum и соавт. (2010) [7], T. Kimura и соавт. (2020) [15], R. Kanematsu и соавт. (2018) [16] T. Horiuchi et al. (2013) [5], E. Nussbaum et al. (2010) [7], T. Kimura et al. (2020) [15], R. Kanematsu et al. (2018) [16]
Число случаев Cases amount	83	111
Число анастомозов, выполненных после инсульта, абс. (%): Number of bypasses performed after stroke, abs. (%):		
— в 1-е сутки — in 1 st day	39 (47)	86 (78)
— в 1-ю нед — in 1 st week	44 (53)	25 (22)
Случаи расширения зоны уже состоявшегося инсульта после операции Amount of stroke territory enlarging after bypass	4	23
Число новых инсультов в послеоперационном периоде Amount of new stroke zones after bypass	1	4
Случаи окклюзии анастомозов после операции Amount of bypass occlusion	1	0
Случаи кровоизлияния в зону операции Amount of hemorrhagic complications	1	2
Исходы по шкале Рэнкина, абс. (%): Rankin scale outcomes, abs. (%):		
— благоприятные (<2 баллов), — favorable outcomes (<2 points),	66 (80)	83 (75)
— неблагоприятные (>2 баллов) — unfavorable (>2 points)	17 (20)	28 (25)
Случаи летальных исходов Cases of death	0	2

неврологического статуса достигнуто в 152 (78 %) случаях, без динамики по сравнению с дооперационным периодом остался 31 (16 %) случай, ухудшение неврологического статуса зарегистрировано в 11 (5 %) случаях.

Послеоперационные осложнения

Новые инфаркты в послеоперационном периоде зарегистрированы в 9 (4,5 %) случаях, расширение

зоны уже имеющих инфарктов — в 28 (14 %) случаях. Обычно они выявлялись при сопоставлении контрольных DW-изображений с дооперационными.

Геморрагические осложнения зарегистрированы в виде небольшого кровоизлияния в зону ишемии в 1 случае [12] и субдуральных гематом в 2 случаях. Ни одно из данных геморрагических осложнений не привело к летальному исходу.

Обострение сопутствующей патологии отмечено в 5 случаях: 2 острых инфаркта миокарда, один из которых привел к смерти пациента, и 3 аспирационные пневмонии.

Ранняя окклюзия анастомоза наблюдалась в 1 случае [12].

Исходы наблюдений

Результаты операций оценивались по mRS [23]. Оказалось, что благоприятных исходов с 0–2 баллами по mRS было 78 % (151 случай), неблагоприятных с результатом более 2 баллов по mRS – 22 % (43 случая). Такой относительно высокий процент неблагоприятных исходов при относительно низком показателе (5 %) отрицательной динамики неврологической симптоматики после операции свидетельствует о том, что положительная динамика в неврологическом статусе, достигаемая после операции, оказывается недостаточной для значимого улучшения статуса социальной адаптации больного из-за изначально слишком тяжелого неврологического дефицита у большинства рассматриваемых в нашей работе пациентов.

Выводы

1. Метод экстренного экстра-интракраниального анастомоза в острейшем и остром периодах ишемического инсульта не является широко распространенным, учитывая относительно небольшое число найденных публикаций и незначительное число (в среднем 12) наблюдений в сериях. Это связано с тем, что низкопоточные анастомозы наиболее эффективны в случае инсультов на фоне атеросклеротического поражения брахиоцефальных артерий, составляющих 10–20 % от числа всех инсультов [24]. Об этом свидетельствуют данные нейровизуализации в найденных работах, выявившие во всех случаях грубые атеросклеротические повреждения брахиоцефальных сосудов. Анастомозы остаются третьей линией терапии ишемического атеросклеротического инсульта.
2. Эффективность методики высокая. Об этом говорит подавляющее число (78 %) благоприятных результатов в сравнении с неблагоприятными (22 %).
3. Метод относительно безопасен: практически полное отсутствие грубых кровоизлияний в зону ишемических расстройств (1 случай из 194), что значительно меньше, чем средняя частота геморрагических осложнений при тромболитической и эндоваскулярной терапии острого инсульта, достигающая в некоторых сообщениях 33,3 % [25]. Это связано с более безопасным использованием сосудов с низкой скоростью кровотока для реваскуляризации зон с хорошо развитой системой коллатералей в случаях атеросклеротического поражения крупных артерий.
4. Основным клиническим критерием для выполнения экстренного экстра-интракраниального ана-

стомоза в ранней стадии ишемического инсульта является динамическое ухудшение неврологической симптоматики на фоне минимальных изменений при нейровизуализации. Это несоответствие грубого нарастания неврологического дефицита и минимальных изменений (клинико-диффузионное несоответствие) при КТ или МРТ свидетельствует о том, что зона потенциально обратимых изменений мозга (penumbra) еще значительно превосходит зону необратимых изменений и эффективность реваскуляризации высокая.

Обсуждение результатов анализа применения низкопоточных экстра-интракраниальных микроанастомозов в острейшем и остром периодах ишемического инсульта в каротидном бассейне

По данным G.W. Petty и соавт. (2000), 29 % инсультов каротидного бассейна имеют кардиоэмболическую природу [26], в этой группе отмечена самая высокая эффективность ранней реваскуляризации с помощью системной или внутриаартериальной тромболитической терапии, а также эндоваскулярной тромбоэкстракции. Однако при оценке эффективности тромболитической терапии и внутрисосудистых вмешательств при лечении всех видов ишемических инсультов в крупных мультицентровых исследованиях в 34,3 % случаев (исследование REVASCAT [27]) и в 41,3 % (исследование MR CLEAN [28]) применение этих методов оказывалось безуспешным.

В 10–20 % случаев причиной развития ишемического инсульта оказывается атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий [29]. Эффективность внутрисосудистых вмешательств и системного тромболизиса при этих типах инсультов была значительно ниже. В наблюдениях J. Choi и соавт. (2014) [30] и R. Gostem и соавт. (2018) [31] успешная реканализация с помощью внутривенного тромболизиса и внутрисосудистых манипуляций в остром периоде инсульта при атеросклеротической окклюзии внутренней сонной артерии составила всего 36,4 %, а стентирование и ангиопластика при атеросклеротических типах инсультов имеют высокую вероятность рецидива [24].

Предпосылками для эффективного использования низкопоточных анастомозов в случае атеросклеротических инсультов является то, что при этом типе инсульта срыв компенсации кровоснабжения головного мозга возникает на фоне длительного и постепенного сужения просвета магистральных мозговых артерий атеросклеротической бляшкой, за это время обычно формируется система коллатерального кровообращения. С учетом имеющихся дополнительных коллатеральных сетей использование экстракраниальных сосудов с низкой или средней скоростью кровотока (20–60 мл/мин) для доставки в зону ишемии дополнительного объема крови в острейшем и остром периодах инсульта может быть достаточным для восстановления

еще жизнеспособной, но ишемизированной мозговой ткани (penumbra), уменьшения неврологического дефицита и улучшения исхода заболевания [12].

Отдельного внимания заслуживает работа R. Kanematsu и соавт. (2018) [16], в которой авторы описали 5 случаев успешного выполнения ЭИКМА в острейшем периоде ишемического атеросклеротического инсульта у пациентов на фоне проводимого системного тромболизиса. Критерием для операции было ухудшение неврологической симптоматики у пациентов — анастомозы выполнили, не дожидаясь 24 ч от момента введения препарата (минимальное время начала операции составило не менее 6 ч от введения препарата). Авторы не зафиксировали геморрагических осложнений, а результаты оказались крайне позитивные. У всех пациентов удалось достичь улучшения клинической картины в сравнении с дооперационной.

Сравнение исходов ишемических инсультов в группах пациентов с выполненными экстренными микроанастомозами и без них

В работе Н. Park и соавт. [12] сравнивались исходы после выполнения экстренного ЭИКМА при остром ишемическом инсульте в группе из 21 пациента в сравнении с 19 пациентами нехирургической группы. В обеих группах проводилось измерение перфузионно-диффузионного несоответствия с помощью МРТ — параметры включения были одинаковыми для обеих групп. Установлено, что у 76 % пациентов хирургической группы результаты были отличными в сравнении с 10 % пациентов из нехирургической группы.

В более ранней работе (Y. Yoshimoto и S. Kwak, 1995) [32] проводилось сравнение ближайших и отдаленных результатов лечения у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения, которым выполнили экстренные ЭИКМА (35 человек), и у 35 пациентов терапевтической группы. Разница в результатах была не столь выраженной, и улучшение после операции отмечено в 43 % случаев в группе оперированных пациентов в сравнении с 29 % в терапевтической группе. Вероятно, это связано с более широкими критериями отбора пациентов для исследования.

Сравнение результатов применения микроанастомозов в раннем и отсроченном периоде ишемического инсульта

В своей работе С. Rice и соавт. (2019) [33] сравнивали результаты 29 низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов, выполненных в течение недели после инсульта, и 52 анастомозов, проведенных в течение года. Авторы сообщают, что у 9 (31 %) из 29 пациентов с анастомозом, выполненным в первые 7 дней, выявлены дополнительные очаги ишемических инсультов в раннем послеоперационном периоде, а в группе пациентов с отсроченными операциями такие очаги обнаружены только в 6 (11,4 %) случаях

из 52. К сожалению, авторы не приводят данные анализа клинической картины и результатов перфузии мозга пациентов, в следствие чего эта публикация не попала в наш анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НИЗКОПОТОЧНОГО ЭКСТРА-ИНТРАКРАНИАЛЬНОГО МИКРОАНАСТОМОЗА В ОСТРЕЙШЕМ И ОСТРОМ ПЕРИОДАХ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА В ВЕРТЕБРО-БАЗИЛЯРНОМ БАССЕЙНЕ

В поисковой системе PubMed выбраны 6 работ с 1990 по 2020 г., посвященных этой теме. Полученные в результате анализа результаты внесены в табл. 3. Видно, что в работах 90-х годов преобладали серии из большого числа наблюдений, так как эндоваскулярные методы тогда еще не были широко распространены. В работах 2000—2019 гг. описаны преимущественно небольшие серии наблюдений: анастомоз в них обычно используется как метод третьей линии терапии при резистентном прогрессирующем инсульте в вертебробазилярном бассейне.

Общая характеристика случаев

По результатам отобранных для исследования работ, в 1-ю нед после инсульта в вертебробазилярном бассейне выполнено 127 экстренных низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов. Средний возраст пациентов составил 65 лет (30—81 год). Соотношение между мужчинами и женщинами — 3:1. Результаты близки данным, полученным при анализе случаев применения ЭИКМА в острейшем периоде инсульта в каротидном бассейне.

Применение тромболизиса и внутрисосудистых методов лечения

Во всех проанализированных работах экстра-интракраниальный анастомоз не являлся первичным методом, а использовался лишь в случае неэффективности или технической невозможности выполнения тромболизиса и внутрисосудистых методов лечения.

Сроки от поступления в клинику до принятия решения о необходимости выполнения ревааскуляризации с помощью экстра-интракраниальных анастомозов

Был выполнен 41 (32 %) анастомоз в течение 1-х суток после диагностики инсульта и 86 (68 %) отсроченных (в 1-ю нед).

Выявленная патология крупных сосудов вертебробазилярного бассейна

Во всех публикациях в качестве основного метода нейровизуализации сосудов вертебробазилярного

Таблица 3. Осложнения и исходы экстренных низкопоточных экстра-интракраниальных анастомозов при ишемических инсультах в вертебро-базиллярном бассейне
Table 3. Complications and outcomes of urgent low-flow extra-intracranial bypasses in acute basilar artery territory strokes

Автор и год публикации Authors and dates of publications	Число анастомозов, выполненных после инсульта Number of bypasses performed after stroke		Метод оценки обратимости ишемии мозга Methods of ischemia reversibility assessment		Число осложнений после операции Number of complications after surgery						Исходы по шкале Ранкина, абс. Rankin scale outcomes, abs.	
	в 1-й день in 1 st day	в 1-ю нед in 1 st week	Клинико-диффузионное несоответствие Clinic-diffusion mismatch	Перфузионно-диффузионное несоответствие Perfusion-diffusion mismatch	Расширение зоны ишемии Ischemia zone extension	Новые инфаркты New strokes	Ухудшение или осложнение Deteriorations	Геморрагические осложнения Hemorrhagic complication	Летальные исходы Deaths	<2 баллов (удовлетворительные) <2 points (satisfactory)	>2 баллов (неудовлетворительные) >2 points (unsatisfactory)	
R. Rennett и соавт. (2019) [34] R. Rennett et al. (2019) [34]	3	—	—	Да	—	1	—	—	—	3	—	
K. Ogasawara и соавт. (2005) [35] K. Ogasawara et al. (2005) [35]	1	—	—	Да	—	—	—	—	—	1	—	
T. Inoue и соавт. (2012) [36] T. Inoue et al. (2012) [36]	7	—	Да	—	—	1	1	—	1	4	3	
M. Katsuno и соавт. (2018) [37] M. Katsuno et al. (2018) [37]	1	—	Да	—	—	—	—	—	—	1	—	
A. Ogawa и соавт. (1991) [38] A. Ogawa et al. (1991) [38]	2	28	Да	—	1	—	12	3	2	26	4	
J. Ausman и соавт. (1990) [39] J. Ausman et al. (1990) [39]	27	58	Да	—	—	—	11	—	7	59	26	

бассейна применялась церебральная ангиография. Пациенты по локализации атеросклеротического поражения сосудов распределились следующим образом:

- 2-сторонняя окклюзия позвоночных артерий — 59 случаев,
- 2-сторонние (более 70 %) стенозы позвоночных артерий — 20 случаев,
- 1-сторонние окклюзии позвоночной артерии и стеноз контралатеральной позвоночной артерии — 15 случаев,
- стеноз или острая окклюзия основной артерии — 33 случая.

Как видно, наиболее частой причиной для выполнения анастомоза была 2-сторонняя окклюзия позвоночных артерий, ограничивающая применение эндоваскулярных методов лечения. Практически во всех работах есть указания на снижение контрастирования или окклюзии одного из участков основной артерии, что служит дополнительным показанием к выполнению экстренной реваскуляризации.

Особенности выполнения низкопоточного экстра-интракраниального микроанастомоза с сосудами вертебробазилярного бассейна

В большинстве (90, или 70 %) проанализированных случаев сосудом-реципиентом для наложения микроанастомоза выбиралась верхняя мозжечковая артерия, а сосудом-донором — поверхностная височная артерия.

В 20 (16 %) случаях выполнялся анастомоз между затылочной артерией и передней нижней мозговой артерией, в 16 — между затылочной артерией и задней нижней мозжечковой артерией. Описан случай успешной эндоатероэктомии из V4 сегмента позвоночной артерии.

При послеоперационном контроле анастомозы были проходимы во всех случаях.

Оценка неврологического статуса пациента перед выполнением анастомоза

Во всех работах основными критериями для выполнения экстра-интракраниального анастомоза были:

- 1) неврологический дефицит — не менее 4 баллов по шкале NIHSS,
- 2) прогрессирующее нарастание неврологического дефицита — от 4 до 26 баллов по шкале NIHSS,
- 3) уровень социальной адаптации до момента инсульта — не более 2 баллов по шкале mRS.

Данные нейровизуализации перед выполнением анастомоза

Во всех наблюдениях основными критериями при отборе пациентов для выполнения экстренного анастомоза при наличии клиники ухудшения симптоматики, характерной для вертебро-базилярного бассейна,

были отсутствие или небольшие очаги инфаркта в стволе головного мозга (по данным DW-MPT). Признаки ишемии мозжечка не учитывались. В наблюдении М. Katsuno и соавт. (2018) [37] анастомоз накладывали на фоне уже сформированного очага ишемии в мозжечке, который был расценен как противопоказание к тромболитической терапии. Пациенту проводилась стандартная медикаментозная терапия, на фоне которой появились стволые симптомы и угнетение сознания, неврологический дефицит возрос до 38 баллов по NIHSS. По данным контрольной DW-MPT обнаружены вновь образованные признаки ишемии в стволе головного мозга. Это послужило показанием к успешному выполнению экстра-интракраниального анастомоза поверхностной височной артерии с верхней мозжечковой артерией.

Метод выявления перфузионно-диффузионного несоответствия с помощью МРТ описан в работах К. Ogasawara и соавт. (2005) [35] и R. Rennert и соавт. (2019) [34]. В 1 случае, по данным МРТ, при перфузионно-диффузионном несоответствии в затылочной доле и клинических признаках нарастания неврологической симптоматики анастомоз был выполнен на фоне имеющегося инфаркта в полушарии мозжечка — осложнений не возникло. В другой работе данные МР-перфузии с успехом использовались в 3 наблюдениях. В остальных 124 случаях авторы основывались на клинко-диффузионном несоответствии (выраженная клиническая картина и минимальные изменения на DW-MPT) для принятия решения о выполнении экстренных экстра-интракраниальных анастомозов с артериями вертебро-базилярного бассейна.

Исходы наблюдений

В выбранных работах зарегистрированы 97 (76 %) благоприятных исходов (mRS < 2) и 30 (24 %) неблагоприятных.

Осложнения после операции

1. Ранние ишемические осложнения:
 - повторные инсульты сразу после операции — 1 случай,
 - увеличение зоны инфаркта в мозжечке — 1 случай,
 - мозаичный инсульт — 1 случай.
2. Ишемические осложнения в отдаленном периоде:
 - инсульт после острой окклюзии внутренней сонной артерии через 2 года,
 - 1 новый инфаркт в мосту через 4 мес после операции.
3. Хирургические осложнения. Эти осложнения обусловлены тем, что доступ к артериям-реципиентам вертебро-базилярного бассейна технически более травматичен и более сложен, чем при реваскуляризации каротидного бассейна. Такими осложнениями были:
 - поражение черепных нервов (9 случаев),

- ототикворея (3 случая) как частое проявление избыточной резекции височной кости,
- субарахноидальные кровоизлияния в зоне, прилежащей к анастомозу (3 случая обнаружения крови на послеоперационных КТ в охватывающей цистерне после наложения анастомоза с верхней мозжечковой артерией).

Ни одно из хирургических осложнений не привело к летальному исходу.

- Осложнения, связанные с обострением сопутствующей патологии:
 - острый инфаркт миокарда (2 случая);
 - диабетическая кома (2 случая).

Именно эти осложнения и стали причиной 4 летальных исходов.

Выводы:

- Методика применения низкопоточного экстра-интракраниального анастомоза в острейшем и остром периодах инсульта в вертебро-базилярном бассейне не эффективна (об этом свидетельствуют 76 % благоприятных исходов) и имеет низкую частоту геморрагических осложнений.
- Основные причины неблагоприятных исходов – хирургические осложнения, связанные с технической сложностью операции.
- Церебральная ангиография – это основной метод обследования при сосудистой патологии вертебро-базилярного бассейна. Двустороннее атеросклеротическое поражение позвоночных артерий – важный критерий для принятия решения в пользу экстренного экстра-интракраниального анастомоза.
- Ранее выявленные ишемические инсульты в полушариях мозжечка не являются противопоказанием для выполнения анастомоза при обнаружении

новых DW-MPT-признаков ишемии ствола головного мозга.

- Выявление при МРТ диффузионно-перфузионных несоответствий при ишемическом поражении вертебро-базилярного бассейна актуально преимущественно для затылочной доли. При поражении стволовых структур большинство авторов использует клинко-диффузионные несоответствие как показание к экстренной реваскуляризации.
- В качестве артерии-реципиента для реваскуляризации следует отдавать предпочтение верхней мозжечковой артерии, а в качестве артерии-донора – поверхностной височной артерии. По данным J. Ausman и соавт. (1990) [40] операция по выполнению анастомоза поверхностной височной и верхней мозжечковой артерий переносится легче и сопряжена с меньшим числом осложнений, чем при создании анастомоза между затылочной и задне-нижней мозжечковой артериями. В наших сериях преобладал именно такой вид анастомоза.

Практические рекомендации для отбора пациентов и выполнения низкопоточного ЭИКМА в острейший и острый период ишемического инсульта в каротидном и вертебро-базилярном бассейнах сформулированы в табл. 4.

Обсуждение результатов анализа применения низкопоточных экстра-интракраниальных микроанастомозов в острейшем и остром периодах ишемического инсульта в вертебро-базилярном бассейне

Согласно опубликованным работам, частота встречаемости инсультов вертебро-базилярного бассейна достигает 20–40 % от всех инсультов [39]. По данным Н. Jones и соавт. (1980) [41], смертность пациентов при

Таблица 4. Критерии отбора пациентов для выполнения низкопоточного экстра-интракраниального анастомоза в острейшем и остром периодах инсульта в каротидном и вертебро-базилярном бассейнах

Table 4. Indications for low flow extra-intracranial bypasses in acute stage of carotid and basilar artery stroke

Критерий отбора Selection criteria	Ишемический инсульт в каротидном бассейне Carotid ischemic stroke	Ишемический инсульт в вертебро-базилярном бассейне Vertebrobasilar ischemic stroke
1	2	3
Исходный индекс социальной адаптации по mRS; возраст Initial index of social adaptation by mRS; age	mRS > 2; до 80 лет mRS > 2; lower 80 years	mRS > 2; до 80 лет mRS > 2; lower 80 years
Уровень неврологического дефицита перед операцией по NIHSS и его нарастание Neurological deficit and its dynamic (NIHSS)	От 4 баллов и более с нарастанием на фоне консервативной терапии, тромболизиса или тромбэкстракции NIHSS 4 and more with its increase during standard medical treatment, thrombolysis or thrombectomy	Не менее 4 баллов с прогрессией на фоне терапии. Кома не является противопоказанием для выполнения операции NIHSS 4 and more with its increase during standard medical treatment. Coma is not a contraindication to surgery

1	2	3
Данные нейровизуализации и доплерографии Neuroimaging and ultrasound results	- Отсутствие или минимальные признаки наличия зон ишемии при безконтрастной КТ головного мозга или подтвержденные признаки ишемического инсульта по результатам DWI-PWI: не менее 8 баллов по шкале ASPECT или объемом поражения не более 30 мл. No or minimal signs of ischemia at native CT scans, or DWI-PWI confirmed ischemia zone not lower 8 ASPECTS score, or not more than 30 ml volume. - При возможности выполнения перфузионных методов обследования — признаки DWI-PWI-несоответствия до 120 % при МТТ более 6 с When perfusion estimation is possible, signs of DWI-PWI mismatch not more than 120 % with MTT >6 s	- При КТ отсутствуют ишемические изменения в стволе головного мозга. Ишемические поражение полушарий мозжечка не являются противопоказанием для операции. No ischemic changes in the brain stem at native CT. Cerebellar ischemic changes are not contraindications for bypass surgery. - DW-MPT — минимальные или нарастающие в динамике изменения в стволовых структурах или затылочной доле. Minimal or increasing in size ischemic changes in brain stem or occipital lobes at DWI-MRI scans. - Оценка скоростей кровотока по позвоночным и основной артерии с помощью доплера. В случае снижения скорости кровотока по основной артерии более 20 % — решение в пользу анастомоза Diminishing of basilar artery Doppler measured blood flow more than 20 % is the indication for possible bypass surgery
Подтверждение атеросклеротического подтипа инсульта Confirmation of atherosclerotic type of stroke	Подтверждение по данным КТ-, МРТ- или церебральной ангиографии атеросклеротического стенозирования или окклюзии внутренней сонной артерий на стороне инсульта CT-angiography, MRI-angiography or digital contrast cerebral angiography confirmed internal carotid artery atherosclerotic occlusion on the stroke side	Наличие признаков 2-стороннего атеросклеротического поражения позвоночной артерии при церебральной ангиографии: стеноз более 50 % позвоночных артерий, окклюзии, а также замедление кровотока по основной артерии, признаки окклюзии основной артерии Signs of double-side occlusion or atherosclerotic stenosis of more than 50 % vertebral arteries, with slowing blood flow or total occlusion of basilar artery at digital contrast cerebral angiography
Сроки выполнения анастомоза Time to bypass	В течении 12 ч от принятия решения. В случае проведения системного тромболизиса время выполнения операции должно быть не менее 6 ч от момента введения препарата During 12 hours after making decision. No earlier than 6 hours from the system thrombolysis start	Анастомоз должен быть выполнен не позднее суток после появления симптомов Bypass must be performed no longer than 24 hours after the signs onset
Технические особенности выполнения анастомоза Technical nuances of the bypass	- Основной артерией-донором считать поверхностную височную артерию. External temporal artery is the main donor artery. - В качестве артерии-реципиента следует отдавать предпочтение М4-ветвям лобной или теменной долей, выбирая артерию с минимальной скоростью кровотока по доплеру или ICG-ангиографии (от 20 мл/мин и меньше) и выполнять анастомоз по типу «конец в бок» при отсутствии дистальных препятствий для кровотока по данным дигитальной ангиографии The main appropriate artery are the frontal or temporal M4 branches. The artery with the lowest Doppler flow must be chosen (20 ml/min and low). End to side bypasses usually performed, if no distal blood flow obstacle has found	При возможности отдавать предпочтение анастомозу между поверхностной височной артерией и верхней мозжечковой артерией. В случае приустьего стеноза — возможно использование экстрадуральных методов реваскуляризации позвоночной артерии Usually external temporal artery to superior cerebellar artery bypass is preferred. Extradural methods of revascularization may be used in case of stenosis of vertebral artery orifice

Сокращения: NIHSS (The National Institutes of Health Stroke Scale) — шкала тяжести инсульта Национальных институтов здоровья США, mRS (Modified Rankin scale) — модифицированная шкала исходов Рэнкина, МТТ (Mean Transit Time) — среднее время прохождения крови, DW-MPT (Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging) — диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография, КТ — компьютерная томография, DWI-PWI (Diffusion-Weighted Imaging / Perfusion-Weighted Imaging) — перфузионно-взвешенная визуализация/диффузионно-взвешенная визуализация, ASPECT (Alberta Stroke Program Early CT Score) — шкала оценки начальных изменений на КТ-исследовании при инсульте, ICG (Indocyanine green) — индоцианин зеленый.

Abbreviations: NIHSS — stroke Severity Scale of the US National Institutes of Health, mRS — modified Rankin Outcome Scale, MTT — average Blood Transit Time, DW-MRI — diffusion-weighted magnetic Resonance Imaging, CT — Computed Tomography, DWI-PWI — Diffusion-Weighted Imaging / Perfusion-Weighted Imaging, ASPECT (Alberta Stroke Program Early CT Score) — the scale of assessment of initial changes on CT examination in stroke, ICG — Indocyanine green.

ишемических инсультах в вертебро-базилярном бассейне достигала 27 %, что в 2,5 раза превышало смертность в случае инсульта в каротидном бассейне.

По данным L. Caplan и соавт. (2005) [42] основная причина ишемических инсультов в вертебро-базилярном бассейне — атеросклероз позвоночных артерий или основной артерии в отличие от преобладания кардиоэмболической природы инсультов в бассейне сонной артерии.

По данным L. Marquardt и соавт. (2008) [43], клиническая переносимость атеросклеротического поражения позвоночных артерий значительно хуже, чем переносимость поражения сонных артерий. Так, при сравнении течения заболевания у пациентов со стенозами более 50 % сонных или позвоночных артерий выявлено, что частота возникновения повторных транзиторных ишемических атак в группе позвоночных артерий достигала 22 % в сравнении с 3 % в группе сонных артерий, а риск 90-дневного развития инсульта составил 22 %, вероятность инсульта и транзиторных ишемических атак — 46 %. Эти данные свидетельствуют о высоком риске осложнений при 2-стороннем атеросклеротическом поражении позвоночных артерий.

Эффективность внутрисосудистой тромбэкстракции и системного тромболизиса при тромбозе основной артерии не является абсолютной. По результатам исследования BASICS (Basilar Artery International Cooperation Study), в котором при участии 592 пациентов проводилось сравнение эффективности лечения инсульта в вертебро-базилярном бассейне с помощью системного тромболизиса, только дезагрегантами или внутрисосудистыми операциями, у 69 % пациентов был плохой исход. Частота успешной реканализации основной артерии при внутривенном тромболизисе достигала только 67 %, при внутрисосудистых манипуляциях — 72 %. Среди пациентов, получавших только дезагрегантную терапию, умерли или имели грубые неврологические выпадения 93 % [44].

Оценка осложнений при системном тромболизисе и внутрисосудистых тромбэкстракциях из основной артерии оценивалась в работе B. Gory и соавт. (2016) [45]. Из 312 случаев им удалось достичь реканализации в 81 %, при этом кровоизлияния зарегистрированы в 4 % случаев, отличные результаты — в 42 % и инвалидизация — в 32 %. В другом ретроспективном исследовании, посвященном оценке эффективности различных внутрисосудистых инструментов для лечения окклюзий основной артерии, общий уровень реканализации достиг 50 % (17 из 34 пациентов), хорошие результаты получены у 11 (32 %) пациентов [46].

Таким образом, при высоком риске инвалидизации и ограниченной эффективности внутрисосудистых методов лечения в остром периоде ишемических инсультов в вертебро-базилярном бассейне могут оказаться актуальными микрохирургические методы реваскуляризации ствола головного мозга в случае неудачи выполнения внутрисосудистых вмешательств.

R. Rennert и соавт. (2019) [34] в исследовании на небольшой группе пациентов показали большую эффективность реваскуляризации с помощью низкотоочных анастомозов в сравнении с консервативной тактикой. Наличие 2-стороннего грубого атеросклеротического поражения позвоночных артерий сопряжено с крайне высоким риском неблагоприятных исходов и требует скорейшей хирургической коррекции. По данным W. Shanowille и соавт. (2009) [44], стандартная медикаментозная терапия приводит к неблагоприятным результатам в 93 % случаев.

В выбранных для анализа публикациях угнетение сознания до сопора или комы не рассматривалось авторами как противопоказание к данной операции. Для выбора хирургической тактики важным было наличие клинико-диффузионных несоответствий, свидетельствующих об обширной зоне обратимых изменений головного мозга. К сожалению, в своих работах авторы не использовали более подробную градацию поражений стволовых структур по данным DW-MPT, как, например, в rs-ASPECTS [47] или Brain Stem DWI score [48]. Без сомнения, использование данных шкал могло бы значительно упорядочить прогнозирование эффективности реваскуляризации и исходов при имеющихся ишемических изменениях ствола головного мозга.

Очень быстрое необратимое развитие инсульта в вертебро-базилярном бассейне заставляет некоторых авторов предлагать более раннюю хирургическую тактику, основывающуюся на ранних симптомах и признаках 2-стороннего поражения позвоночных артерий. В случае выполнения операции уже на фоне развернутых клинических проявлений в 45 % случаев результаты лечения были неудовлетворительными [36]. В связи с этим вызывает интерес работа R. Starke и соавт. (2009) [49], в которой авторы использовали автоматический метод измерения скоростей кровотока по интракраниальным артериям с помощью программы количественной оценки микробиологического риска (Quantitative microbiological risk assessment, QMRA). Это позволило при выявлении критического снижения скорости кровотока в основной артерии и артериях мозжечка выполнять операции, не дожидаясь появления клинической симптоматики. Этой же методикой пользовались S. Amin-Nanjani и соавт. (2005) [50]: у более чем половины пациентов в группе ($n = 47$) со стенозом позвоночных артерий с помощью программы QMRA измерялись показатели кровотока в основной и задней мозговой артериях. К сожалению, случаев применения данной методики в остром периоде инсульта вертебро-базилярного бассейна не описано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на широкое применение системного тромболизиса и экстренных внутрисосудистых вмешательств при остром ишемическом инсульте, остается

достаточно большой контингент пациентов, у которых данные методики оказываются неэффективными. При выборе между внутрисосудистым и микрохирургическим методом лечения первенство должно быть отдано внутрисосудистому, однако факт его применения не является противопоказанием к выполнению микроанастомоза при неэффективности

внутрисосудистого метода или прогрессировании клинической картины.

Анализ опубликованных результатов применения низкочастотных ЭИКМА в острейшем периоде инсульта в каротидном и вертебро-базиллярном бассейнах доказал их эффективность и безопасность, что делает их применение в качестве терапии третьей линии обоснованным.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Donaghy R.M., Yasargil G. Microaneurysmal surgery and its techniques. *Prog Brain Res* 1968;30:263–7. DOI: 10.1016/s0079-6123(08)61469-7
- Grubb R., Powers W., Derdeyn C. et al. The carotid occlusion surgery study. *Neurosurg Focus* 2003;15:14–17. DOI: 10.3171/foc.2003.14.3.10
- Ogasawara K., Ogawa A. JET study (Japanese EC-IC Bypass Trial). *Nippon Rinsho* 2006;64 Suppl. 7:524–7. PMID: 17461199
- Крылов В.В., Лукьянчиков В.А. Хирургическая реваскуляризация головного мозга при остром инсульте. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски* 2014;114(12–2):46–52. DOI: 10.17116/jnevro201411412246-52
- Krilov V., Lukyanchikov V. Surgical revascularization of the brain in acute stroke. *Zhurnal neurologii i psixiatrii im. S.S. Korsakova. Speczy'puski = S.S. Korsakov Journal of neurology and psychiatry. Special issues* 2014;114(12–2):46–52. (In Russ.) DOI: 10.17116/jnevro201411412246-52
- Horiuchi T., Nitta J., Ishizaka S. et al. Emergency EC-IC bypass for symptomatic atherosclerotic ischemic stroke. *Neurosurg Rev* 2013;36:559–65. DOI: 10.1007/s10143-013-0487-5
- Hwang G., Oh C., Bang J. et al. Superficial temporal artery to middle cerebral artery bypass in acute ischemic stroke and stroke in progress. *Neurosurgery* 2011;68(3):723–9. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318207a9de
- Nussbaum E., Janjua T., Defillo A. et al. Emergency extracranial-intracranial bypass surgery for acute ischemic stroke. *J Neurosurg* 2010;112(3):666–73. DOI: 10.3171/2009.5.JNS081556
- Sugiyama T., Kazumata K., Asaoka K. et al. Reappraisal of microsurgical revascularization for anterior circulation ischemia in patients with progressive stroke. *World Neurosurg* 2015;84(6):1579–88. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.07.053
- Inoue A., Kohno K., Iwata S. et al. Efficacy of early superficial temporal artery-middle cerebral artery double anastomoses for atherosclerotic occlusion in patients with progressing stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2017;26(4):741–748. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.10.009
- Lee S., Huh P., Kim D. et al. Early superficial temporal artery to middle cerebral artery bypass in acute ischemic stroke. *Clin Neurol Neurosurg* 2013;115(8):1238–44. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.11.022
- Burkhardt J., Winkhofer S., Fierstra J. et al. Emergency extracranial-intracranial bypass to revascularize salvageable brain tissue in acute ischemic stroke patients. *World Neurosurg* 2018;109:476–85. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.005
- Park H., Kim S., Nah H. et al. Patient selection and clinical efficacy of urgent superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass in acute ischemic stroke using advanced magnetic resonance imaging techniques. *Oper Neurosurg* 2017;13(5):552–9. DOI: 10.1093/ons/oxp041
- Lee C., Kim C., Lee C. et al. Urgent bypass surgery following failed endovascular treatment in acute symptomatic stroke patient with MCA occlusion. *Neurologist* 2017;22(1):14–7. DOI: 10.1097/NRL.0000000000000086
- Choi J., Park H. Emergent double-barrel bypass shortly after intravenous administration of recombinant tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg* 2016;18(3):258–63. DOI: 10.7461/jcen.2016.18.3.258
- Kimura T., Ichikawa Y., Inoue T. Safety and clinical outcomes of urgent superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass—a single-institution retrospective analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2020;162(6):1325–31. DOI: 10.1007/s00701-020-04267-z
- Kanematsu R., Kimura T., Ichikawa Y. et al. Safety of urgent STA-MCA anastomosis after intravenous rt-PA treatment: a report of five cases and literature review. *Acta Neurochir* 2018;160:1721–7. DOI: 10.1007/s00701-018-3576-y
- Pexman J., Barber P., Hill M. et al. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke. *Am J Neuroradiol* 2001;22:1534–42. PMID: 11559501
- Schlaug G., Benfield A., Baird A. et al. The ischemic penumbra: operationally defined by diffusion and perfusion MRI. *Neurology* 1999;53(7):1528–37. DOI: 10.1212/wnl.53.7.1528
- Motta M., Ramadan A., Hillis A. et al. Diffusion-perfusion mismatch: an opportunity for improvement in cortical function. *Front Neurol* 2015;1(5):280–2. DOI: 10.3389/fneur.2014.00280
- Григорьева Е.В., Лукьянчиков В.А., Токарев А.С., Крылов В.В. КТ-перфузия у пациентов после наложения экстра-интракраниального микрохирургического анастомоза в отдаленном послеоперационном периоде. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова* 2014;9:38–42.
- Grigorieva E., Lukyanchikov V., Tokarev A., Krylov V.V. CT-perfusion in long distant postsurgical period after extra-intracranial microanastomosis. *Zhurnal neurologii i psixiatrii im. S.S. Korsakova. Speczy'puski = Journal of neurology and psychiatry* 2014;9:38–42. (In Russ.).
- Nabavi D., Cenic A., Craen R. et al. CT Assessment of cerebral perfusion: experimental validation and initial clinical experience. *Radiology* 1999;213(1):141–9. DOI: 10.1148/radiology.213.1.r99oc03141
- Krishnan P., Murphy A., Aviv R. CT-based techniques for brain perfusion. *Top Magn Reson Imaging* 2017;26(3):113–9. DOI: 10.1097/RMR.0000000000000129
- Rankin J. Cerebral Vascular Accidents in Patients over the Age of 60. II. Prognosis. *Scot Med J* 1957;2(5):200–15. DOI: 10.1177/003693305700200504
- Arsava E., Helenius J., Avery R. et al. Assessment of the predictive validity of etiologic stroke classification. *JAMA Neurol* 2017;74(4):419–28. DOI: 10.1001/jamaneurol.2016.5815
- Natarajan S., Snyder K., Siddiqui A. et al. Safety and effectiveness of endovascular therapy after 8 hours of acute ischemic stroke onset and wake-up strokes. *Stroke* 2009;40(10):3269–74. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.555102
- Petty G.W., Brown R.D., Whisnant J.P. et al. Ischemic stroke subtypes: a population-based study of functional outcome, survival, and recurrence. *Stroke* 2000;31(5):1062–8. DOI: 10.1161/01.str.31.5.1062
- Dávalos A., Cobo E., Molina C. et al. Safety and efficacy of thrombectomy in acute ischaemic stroke (REVASCAT): 1-year follow-up of a randomised open-label trial. *Lancet Neurol* 2017;16(5):369–76. DOI: 10.1016/S1474-4422(17)30047-9

28. Jansen I., Mulder M., Goldhoorn R. et al. Endovascular treatment for acute ischaemic stroke in routine clinical practice: prospective, observational cohort study (MR CLEAN Registry). *BMJ* 2018;360:k949. DOI: 10.1136/bmj.k949
29. Chen P., Gao S., Wang Y. et al. Classifying ischemic stroke, from TOAST to CISS. *CNS Neurosci Ther* 2012;18(6):452–6. DOI: 10.1111/j.1755-5949.2011.00292.x
30. Choi J., Lee J., Lee T. et al. Emergent recanalization with stenting for acute stroke due to athero-thrombotic occlusion of the cervical internal carotid artery: A single center experience. *J Korean Neurosurg Soc* 2014;55(6):313–20. DOI: 10.3340/jkns.2014.55.6.313
31. Gocmen R., Arsava E., Oguz K. et al. Atherosclerotic intracranial internal carotid artery calcification and intravenous thrombolytic therapy for acute ischemic stroke. *Atherosclerosis* 2018;270:89–94. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.01.035
32. Yoshimoto Y., Kwak S. Superficial temporal artery – middle cerebral artery anastomosis for acute cerebral ischemia: the effect of small augmentation of blood flow. *Acta Neurochir (Wien)* 1995;137(3–4):128–37. DOI: 10.1007/BF02187184
33. Rice C., Cho S., Taqui A. et al. Early versus delayed extracranial-intracranial bypass surgery in symptomatic atherosclerotic occlusion. *Neurosurgery* 2019;1;85(5):656–63. DOI: 10.1093/neuros/nyy411
34. Rennert R., Steinberg J., Strickland B. et al. Extracranial-to-intracranial bypass for refractory vertebrobasilar insufficiency. *Neurosurgery* 2019;126:552–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.03.184
35. Ogasawara K., Sasaki M., Tomitsuka N. et al. Early revascularization in a patient with perfusion computed tomography/diffusion-weighted magnetic resonance imaging mismatch secondary to acute vertebral artery occlusion. Case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2005;45(6):306–10. DOI: 10.2176/nmc.45.306
36. Inoue T., Tamura A., Tsutsumi K. et al. Acute to subacute surgical revascularization for progressing stroke in atherosclerotic vertebrobasilar occlusion. *Acta Neurochir (Wien)* 2012;54(8):1455–61. DOI: 10.1007/s00701-012-1398-x
37. Katsuno M., Kiyotaka E., Kazutsune T. et al. Emergency superficial temporal artery–superior cerebellar artery bypass for the refractory vertebrobasilar insufficiency with partial mastoidectomy. *World Neurosurg* 2018;118:75–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.032
38. Ogawa A., Yoshimoto T., Sakurai Y. Clinical analysis of STA–SCA bypass for vertebrobasilar occlusive disease. *Tohoku J Exp Med* 1991;64(3):183–90. DOI: 10.1620/tjem.164.183
39. Ausman J., Liebeskind D., Gonzalez N. et al. A review of the diagnosis and management of vertebral basilar (posterior) circulation disease. *Surg Neurol Int* 2018;24:9–106. DOI: 10.4103/sni.sni_373_17
40. Ausman J., Diaz F., Vacca D. et al. Superficial temporal and occipital artery bypass pedicles to superior, anterior inferior, and posterior inferior cerebellar arteries for vertebrobasilar insufficiency. *J Neurosurg* 1990;72(4):554–8. DOI: 10.3171/jns.1990.72.4.0554
41. Jones H., Millikan C., Sandok B. Temporal profile (clinical course) of acute vertebrobasilar system cerebral infarction. *Stroke* 1980;11:173–7. DOI: 10.1161/01.str.11.2.173
42. Caplan L., Wityk R., Pazdera L. et al. New England medical center posterior circulation stroke registry II. Vascular lesions. *J Clin Neurol* 2005;1(1):31–49. DOI: 10.3988/jcn.2005.1.1.31
43. Marquardt L., Kuker W., Chandratheva A. et al. Incidence and prognosis of > or =50 % symptomatic vertebral or basilar artery stenosis: Prospective population-based study. *Brain* 2008;132:982–8. DOI: 10.1093/brain/awp026
44. Schonewille W., Wijman C., Michel P. et al. Treatment and outcomes of acute basilar artery occlusion in the Basilar Artery International Cooperation Study (BASICS): A prospective registry study. *Lancet Neurol* 2009;8:724–30. DOI: 10.1016/S1474-4422(09)70173-5
45. Gory B., Eldesouky I., Sivan-Hoffmann R. et al. Outcomes of stent retriever thrombectomy in basilar artery occlusion: An observational study and systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2016;87:520–5. DOI: 10.1136/jnnp-2014-310250
46. Fahed R., Di M., Rosso C. et al. A leap forward in the endovascular management of acute basilar artery occlusion since the appearance of stent retrievers: A single-center comparative study. *J Neurosurg* 2017;126(5):1578–84. DOI: 10.3171/2016.2.JNS151983
47. Khatibi K., Nour M., Tateshima S. et al. Posterior circulation thrombectomy-PC-ASPECT score applied to preintervention magnetic resonance imaging can accurately predict functional outcome. *World Neurosurg* 2019;129:566–71. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.05.217
48. Cho T., Nighoghossian N., Tahon F. et al. Brain stem diffusion-weighted imaging lesion score: a potential marker of outcome in acute basilar artery occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(1):194–8. DOI: 10.3174/ajnr.A1278
49. Starke R., Chwajol M., Lefton D. et al. Occipital artery-to-posterior inferior cerebellar artery bypass for treatment of bilateral vertebral artery occlusion: the role of quantitative magnetic resonance angiography noninvasive optimal vessel analysis: technical case report. *Neurosurgery* 2009;64(4):779–81. DOI: 10.1227/01.NEU.0000339351.65061.D6
50. Amin-Hanjani S., Du X., Zhao M. et al. Use of quantitative magnetic resonance angiography to stratify stroke risk in symptomatic vertebrobasilar disease. *Stroke* 2005;36:1140–5. DOI: 10.1161/01.STR.0000166195.63276.7c

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

ORCID автора/ ORCID of author

А.В. Щербинин / A.V. Shcherbinin: <https://orcid.org/0000-0003-1870-1270>

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
Financing. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 30.11.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.
Article submitted: 30.11.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

ВЕНОЗНАЯ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ МЕНИНГИОМАХ

Е.А. Орлов¹, Н.А. Полунина²⁻⁴

¹ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16;

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

³ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Б. Сухаревская пл., 3;

⁴ГБУЗ «Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 108814 Москва, ул. Сосенский стан, 8

Контакты: Егор Андреевич Орлов orlegor@mail.ru

Введение. Менингиомы, в большинстве своем доброкачественные опухоли, могут становиться проблемой как при их труднодоступной локализации, так и при поражении ими близлежащих синусов головного мозга. В таком случае перед хирургом встает ряд вопросов, связанных с диагностикой, предоперационным планированием и выбором тактики лечения этих больных. Выбор в пользу реvascularизации венозного русла не всегда однозначен в силу отсутствия четких показаний и противопоказаний к этому вмешательству. Авторы представляют обзор литературы, освещающий проблему венозной реvascularизации головного мозга при менингиомах.

Цель работы – анализ статей, посвященных теме хирургического лечения менингиом при поражении венозной системы головного мозга.

Заключение. По результатам работы представлен критический анализ приведенной литературы, показывающий недостаточную разработанность проблемы лечения пациентов с такими опухолями на данный момент. В дальнейших клинических исследованиях стоит уточнить как технические моменты при удалении данных опухолей, так и более глубоко проработать показания и противопоказания для этих больных.

Ключевые слова: менингиомы головного мозга, парасагитальные менингиомы, венозная реvascularизация, шунтирование синусов головного мозга

Для цитирования: Орлов Е.А., Полунина Н.А. Венозная реvascularизация головного мозга при менингиомах. Нейрохирургия 2023;25(2):130–9. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-130-139

Cerebral venous revascularization in meningioma surgery

E.A. Orlov, N.A. Polunina

¹National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko, Ministry of Health of Russia; 16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia;

²Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

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

⁴Moscow Multidisciplinary Clinical Center “Kommunarka”, Moscow Healthcare Department; 8 Sosenskiy Stan St., Moscow 108814, Russia

Contacts: Egor Andreevich Orlov orlegor@mail.ru

Introduction. Brain tumors are a complex problem of modern neurosurgery. Meningiomas, mostly benign tumors, can become a problem when they are difficult to locate. The complexity is also caused by tumors affecting the sinuses of the brain. In this case, the surgeon faces a number of issues related to the diagnosis, preoperative planning and the choice of treatment tactics for these patients. The choice in favor of revascularization of the venous bed is also not always unambiguous due to the lack of clear indications and contraindications to this type of intervention.

The purpose of the work was to analyze articles on the topic of surgical treatment of meningiomas of the brain venous system.

Conclusion. Based on the results of the work, a critical analysis of the cited literature is presented, showing the insufficient development of the problem of treating patients with such tumors at the moment. In further clinical studies, it is necessary to clarify both the technical aspects when removing these tumors, and to work more deeply on the indications and contraindications for surgery in the group of these patients.

Key words: meningioma of the brain, parasagittal meningioma, venous revascularization, bypass grafting of the brain sinuses

For citation: Orlov E.A., Polunina N.A. Cerebral venous revascularization in meningioma surgery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):130–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-130-139

ВВЕДЕНИЕ

Менингиомы составляют 13,0–36,6 % всех известных опухолей, поражающих центральную нервную систему [1]. Они занимают 2-е место в составе онкологических процессов, проходящих в головном мозге (ГМ) [1, 2]. Для них характерна манифестация в пожилом возрасте. В группе гистологически доброкачественных опухолей менингиомы лидируют, составляя до 53,2 %. Согласно классификации Всемирной организации здравоохранения менингиомы делятся на 3 гистологические подгруппы: Grade I (типичные) – 81,1 %, Grade II (атипичные) – 16,9 %, и Grade III (анapластические) – 1,7 %. Чаще всего менингиомы располагаются конвекситально (35 %), парасагитально (20 %) и сфеноидально (20 %); реже их можно обнаружить в области турецкого седла (3 %), интравентрикулярно (5 %), субтенториально (13 %), а также в других областях (4 %) [3].

После тотального удаления менингиомы характерны улучшение качества жизни пациента, увеличение ее продолжительности и времени до возможного рецидива. Субтотальная резекция приводит к рецидивам и уменьшению продолжительности жизни пациентов. Доля 10-летней выживаемости при менингиомах составляет до 57,1 %, а у пациентов молодого возраста показатель возрастает до 77,7 %. Эти цифры в большинстве своем объединяют больных с анапластическими менингиомами II и III Grade, а также опухолями, которые не удалось резецировать полностью. У пациентов с радикально удаленной гистологически типичной менингиомой (Grade I) выживаемость и качество жизни, несомненно, выше [4].

Все чаще применяют комбинированное лечение пациентов с менингиомами [5–8]. В мировой литературе активно обсуждают лучевую терапию (ЛТ) небольших менингиом или сочетание открытой хирургии с радиохирургией для облучения неудаленного остатка опухоли [4, 9, 10]. Ряд авторов сообщает о гистологическом перерождении менингиом у молодых пациентов и переходе их в более высокий Grade, что приводит к ухудшению прогноза у таких больных [9]. Локализация менингиом вблизи радиационно-чувствительных структур ГМ затрудняет применение ЛТ, а системная и локальная токсичность при ЛТ имеют побочные эффекты, в частности ухудшение когнитивных функций пациентов [4, 11–13].

Лечение менингиом осложняется при инвазии опухоли в синусы ГМ. В этом случае для тотального удаления опухоли необходимо выполнить реконструкцию синуса для сохранения адекватного венозного оттока от мозговой ткани [3]. В данной ситуации необходимо сохранять баланс между радикальным удалением опухоли и возможными осложнениями [14]. Венозная система ГМ, в отличие от артериальной, крайне вариабельна и обладает большими адаптационными возможностями за счет коллатерализации кровотока, однако при поражении крупных синусов может возникнуть необходимость дополнить хирургическое вмешательство реваскуляризирующей операцией [15–17].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Не ставя перед собой задачу создания систематического обзора, авторы, однако, руководствовались некоторыми критериями отбора статей. Так, поисковые запросы вводились в 3 базы данных (PubMed, Scopus и Cochrane) и состояли из ключевых слов *meningioma*, *parasagittal meningioma*, *torcular meningioma*, *dural sinuses*, *venous revascularization*, *sinus bypass*, *bypass grafting* с использованием различных логических связей. Авторы старались провести обзор литературы преимущественно за последние 15 лет (2005–2020 гг.), однако при необходимости дополнения картины данной нозологии использовались более ранние статьи.

КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

Верхний сагитальный синус (ВСС) является одним из крупнейших венозных коллекторов ГМ. Он собирает венозную кровь практически со всей конвекситальной поверхности ГМ, соединяясь посредством анастомотических вен с поверхностной синусной веной (ПСВ) и поперечным синусом, и впадает в синусный сток [18, 19]. Поперечный и сигмовидный синусы являются конечными коллекторами всей венозной крови, оттекающей от ГМ, и продолжают во внутреннюю яремную вену (рис. 1). При их поражении всегда встает вопрос о реваскуляризации. Пересечение таких крупных венозных структур без их реконструкции неизбежно ведет к ишемическому повреждению вещества мозга при отсутствии альтернативных путей для оттока венозной крови.

Теоретически менингиомы могут прорасти в различные венозные коллекторы ГМ. А. Debernardi и соавт.

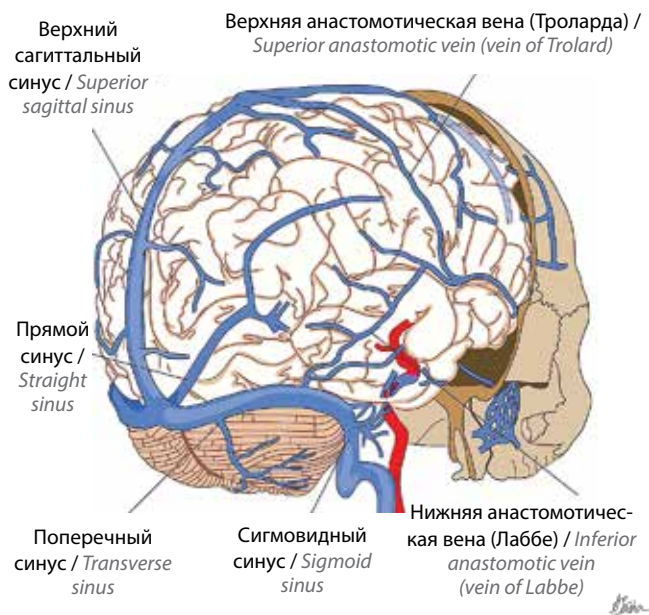


Рис. 1. Венозная система головного мозга

Fig. 1. Venous system of the brain

описана инвазия поперечного, сигмовидного и прямого синусов [20]. В этих случаях также применялись разного рода шунтирующие операции. Так, при поражении поперечного синуса накладывался шунт между задней третью ВСС и наружной яремной веной [16, 21, 22].

Чаще всего менингиомы поражают ВСС [3, 21, 23]. В исследовании Sekhar N.L. и соавт. он был вовлечен в патологический процесс в 80 % наблюдений [3]. В работе M. Sindou и J. Alvernia у 92 больных из 100 был поражен именно ВСС [21]. Функционально и анатомически он делится на 3 части, что и обуславливает на данный момент хирургическую тактику [24]. Считается, что передней третью синуса можно жертвовать при резекции опухолей, хотя некоторые авторы получали осложнения даже при перевязке передней трети ВСС [3, 15, 24–26]. При исследовании мостиковых вен, отходящих от ВСС, не было установлено статистической разницы в их диаметре на всем его протяжении [27]. Данный факт можно связать со степенью развития путей коллатерального кровотока у этих больных. Основными вариантами являются отток через ПСВ в сфенопариетальный и кавернозный синусы, альтернативный путь проходит через ПСВ, далее через вену Лаббе и поперечный синус [21]. У L.N. Sekhar и соавт. преимущественным типом дренирования назван первый, только у 1 пациента были задействованы оба пути [28]. Т. Yin и соавт. выделяют 4 типа коллатерализации кровотока при стенозе или окклюзии ВСС (рис. 2):

- I тип – функциональной коллатералью становится гиперплазированная ПСВ.
- II тип подразумевает наличие корковых вен, соединяющих синус до стеноза и после него, которые служат естественным обходным шунтом.

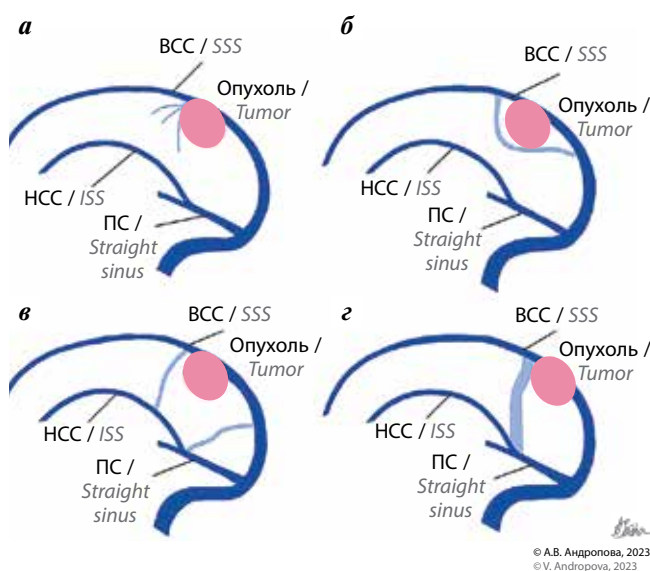


Рис. 2. Варианты шунтирования верхнего сагиттального синуса при его окклюзии: а – прямой отток по ВСС; б – отток по гипертрофированным кортикальным венам ВСС – ВСС; в – отток по системе HCC; г – отток по системе HCC и прямой синус. ВСС – верхний сагиттальный синус; ПС – прямой синус; HCC – нижний сагиттальный синус.

Fig. 2. Four types of parafalcine venous collaterals: а – type A, with cerebral medial cortical vein displacement or hyperplasia; б – type B, collaterals connect the 2 end's of the occluded segment of the SSS; в – type C, collaterals connect the occluded segment of the SSS with the deep cerebral venous system; г – type D, recanalization or secondary formation of a falcine sinus in meningiomas with complete occlusion of the SSS. SSS – superior sagittal sinus; ISS – inferior sagittal sinus.

- При III типе наблюдается соединение ВСС с системой глубоких вен до и после стеноза, что обеспечивает компенсацию оттока.
- О IV типе говорят, когда имеют место реканализация или вторичное образование синуса фалькса при полной окклюзии ВСС.

Авторы уделяют особое внимание визуализации и сохранению вен фалькса, которые могут играть большую роль в компенсации оттока крови [29].

Принимая во внимание медленный рост менингиом, особенно конвекситальных (0,1–0,3 см³/год), можно заключить, что у венозной системы есть время для перестройки кровотока [3, 30, 31]. В то же время при удалении опухоли, вызывающей краевую или субтотальную окклюзии синуса, может возникнуть резкий дефицит венозного оттока. Данное явление, а также ряд других факторов при хирургии менингиом вблизи синусов ГМ могут быть травмирующими и приводить к венозному инсульту [32, 33]. Шунт способен компенсировать перфузионные нарушения, возникающие при оперативном вмешательстве. При этом, на наш взгляд, отсроченный тромбоз шунта не всегда приводит к развитию неврологического дефицита, что, возможно, говорит о компенсации первичной, остро возникшей венозной ишемии и новой перестройке венозного кровотока, при этом шунт оказывается функционально

незначим для поддержания достаточного венозного оттока в отдаленном послеоперационном периоде.

СТЕПЕНЬ ПОРАЖЕНИЯ СИНУСОВ ОПУХОЛЬЮ: КЛАССИФИКАЦИИ, СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКОВ

Существует несколько классификаций инвазии опухоли непосредственно в синус, что обуславливает хирургическую тактику.

Первую классификацию поражения ВСС предложили J. Bonnal и J. Brotchi [34]. Она делит менингиомы средней трети ВСС на 8 типов в зависимости от вовлеченности синуса в опухоль.

При I степени опухоль просто прилежит к синусу или его лакунам, но не инвазирует его, II степень подразумевает инвазию опухоли в крышу или боковую стенку синуса, при этом наружная пластинка стенки синуса вовлечена в опухоль. При III степени поражены парасинус и карман синуса. При IV степени полностью поражена боковая или верхняя стенка; V степень включает вовлечение боковой и верхней стенок синуса. При VI степени дополнительно закрывается приток контралатеральной ролландовой вены. VII степень подразумевает вовлечение всех 3 стенок, при этом опухоль расположена только с одной стороны, тогда как при VIII степени вовлечены все стенки и опухоль расположена по обе стороны от синуса [34].

Основной ангиографической классификации является характеристика редукции кровотока в синусе: для 1-й группы — краевая окклюзия (<50 %), для 2-й — субтотальная (>50–99 %), для 3-й — тотальная окклюзия синуса (100 %) (табл. 1) [3].

Таблица 1. Ангиографическая классификация

Table 1. Angiographic classification

Тип окклюзии Type of occlusion	Характеристика редукции кровотока в синусе, % Occlusion rates in the sinus, %
Краевая Partial	<50
Субтотальная Subtotal	>50–99
Тотальная Total	100

Другим делением данной патологии является хирургическая классификация M. Sindou, выделившего 6 степеней (типов) прорастания опухоли синуса, где I степень — это отсутствие инвазии в синус, а VI — поражение менингиомой всех его стенок (рис. 3).

Довольно сложно классифицировать близкие степени с помощью магнитно-резонансной томографии, что впоследствии приводит к определению степени инвазии опухолью синуса интраоперационно [7–10]. Дифференцирование V и VI степеней может быть кри-

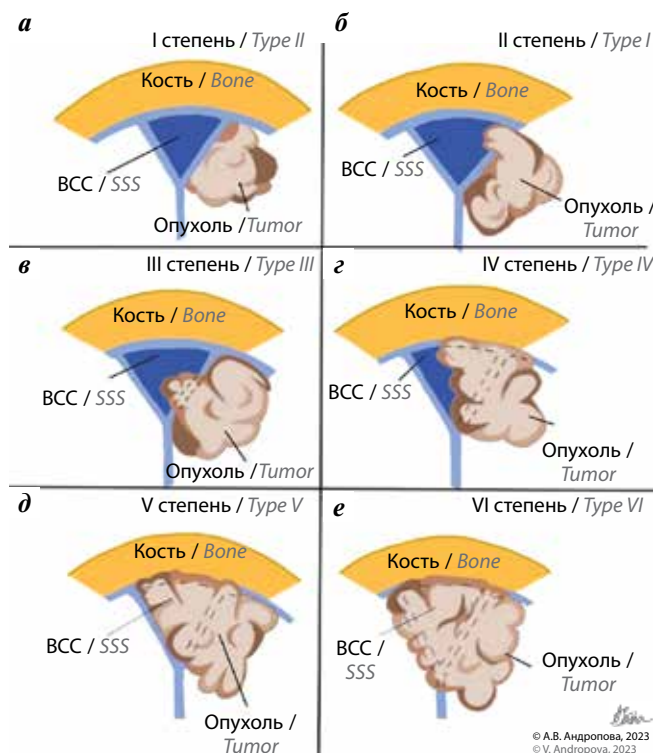


Рис. 3. Классификация поражений верхнего сагитального синуса по M. Sindou: а — прилегание опухоли к стенке синуса; б — инвазия парасинуса; в — инвазия 1 стенки; г — инвазия 2 стенок; д — полная окклюзия синуса; е — инвазия 3 стенок; БСС — верхний сагитальный синус.

Fig. 3. Classification of meningiomas according to the degree of dural venous sinus involvement: а — meningioma attached to outer surface of the sinus wall; б — lateral recess invaded; в — one lateral wall invaded; г — one entire lateral wall and the roof of the sinus both invaded; д — sinus totally occluded, one wall being free; е — sinus totally occluded; SSS — superior sagittal sinus.

тически важным для определения необходимости обходного шунта (табл. 2).

Неясным и неучтенным фактором в данной классификации остается вопрос об опухоли, непосредственно не поражающей синус, но вызывающей в нем пристеночный тромбоз посредством механического давления и его ретракции.

ПОКАЗАНИЯ К ВЕНОЗНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ

Основными проблемами являются определение показаний к венозной реваскуляризации и выбор метода реконструкции синуса. Одним из первых данной проблематикой занялся С.В. Можаяев, раскрыв ее в своей диссертации и нескольких статьях [35, 36]. Большинство авторов сходятся во мнении, что необходимо выполнять преимущественно реконструктивные вмешательства [3, 21, 23, 28].

Интравенозный рост менингиом отличается от экстравенозного — 3,2 мм/год и 1,2 мм/год соответственно [37]. J.S. Ehresman и соавт. отражают в своем исследовании лишь тренд, однако статистически значимой

Таблица 2. Классификация поражения верхнего сагиттального синуса опухолью по М. Sindou

Table 2. Classification of meningiomas according to the degree of dural venous sinus involvement by M. Sindou

Степень Degree	Степень поражения стенки синуса Degree of damage to the sinus wall
I	Опухоль прилежит к стенке синуса Meningioma attached to outer surface of the sinus wall
II	Инвазия парасинуса ВСС Lateral recess invaded
III	Вовлечена одна стенка ВСС One lateral wall invaded
IV	Вовлечены боковая и верхняя стенки ВСС One entire lateral wall and the roof of the sinus both invaded
V	Полная окклюзия ВСС, контралатеральная стенка не вовлечена Sinus totally occluded, one wall being free of tumor
VI	Полная окклюзия ВСС, все стенки синуса вовлечены Sinus totally occluded

Примечание. ВСС — верхний сагиттальный синус.

Note. SSS — superior sagittal sinus.

разницы нам найти не удалось. Важным является то, что не было установлено ускорения роста интравенозной части опухоли при ЛТ (как пред-, так и постоперационной) [37]. После предоперационной эмболизации опухоли отмечен ее прогрессивный рост внутри синуса. Процедуре были подвергнуты 6 пациентов, и данный факт был статистически значимым ($p = 0,008$) [37].

Большинство исследователей, сравнивая варианты лечения парасагиттальных опухолей, выделяют «агрессивный» и «неагрессивный» подходы. Для «агрессивного» подхода характерно стремление к максимально циторедуктивному вмешательству с инвазией в синус и его реконструкцией при необходимости. В этом случае риск возникновения послеоперационного неврологического дефицита намного выше, однако в случае успешной операции риск рецидива у пациента минимален. Сторонники «неагрессивной» методики удаляют опухоль с минимальным риском ранних послеоперационных осложнений, сохраняя ее часть [38].

Исследование N. Mohammed и соавт. показало отсутствие статистически значимой разницы в исходах при «агрессивной» и «неагрессивной» тактиках [14]. Однако сами авторы подчеркивают, что количество осложнений в случае использования «агрессивной» методики эмпирически должно быть выше. Исследование было проведено на 84 пациентах, у 59 из которых не было выполнено вмешательство на интравенозной части опухоли, у 14 было выполнено деконструктивное вмешательство с полной резекцией опухоли. Основной целью является не только продление жизни пациентов, но и улучшение ее качества, поэтому неоправданный

риск осложнений склоняет в сторону менее «агрессивного» подхода к операции [14]. Авторы подчеркивают, что рецидивирующие менингиомы хорошо поддаются контролю ЛТ [13, 39]. Метааналитическое исследование, проведенное E. Giordan и соавт., показывает, что при радикальном удалении опухоли вероятность рецидива составляет порядка 1 %, тогда как при субтотальном удалении — 18 % [38]. Несмотря на это, авторы исследований пришли к мнению, что «неагрессивная» тактика относительно данных пациентов является предпочтительной в связи с большим количеством осложнений в группе «агрессивной» терапии [40]. Частота применения венозного шунтирования в исследованиях была минимальна, в основном речь шла о пластике синуса после удаления интравенозной части опухоли или о простом его пересечении (при установлении его предоперационной окклюзии) [38, 41]. В некоторых случаях выполняли операции по стентированию синуса при его поражении и сдавлении опухолью [42]. Ни одно такое наблюдение не вошло в метааналитическую работу.

Существуют сторонники и более «агрессивного» подхода к удалению парасагиттальных менингиом. Н. Steiger и соавт. описывают реваскуляризацию синуса с использованием венозного шунта, при этом была выполнена еще реплантация поверхностной средней мозговой вены [43]. В серии случаев лечения менингиом, инвазирующих синусы, М. Sindou и Р. Hallacq также упоминают успешные случаи шунтирования [16]. Тщательное предоперационное планирование и правильный выбор показаний к вмешательству позволяют добиваться хороших результатов и тотального удаления опухоли [44, 45].

Исходя из классификаций и различных клинических ситуаций, предложены 2 методики реваскуляризации при удалении парасагиттальных менингиом — пластика дефекта непосредственно в синусе или его шунтирование посредством наложения вено-венозного анастомоза. Во многих работах распределенные изначально по нейровизуализационным данным в группу шунтирования пациенты были прооперированы с пластикой синуса, а иногда и вовсе подверглись деконструктивной операции [16].

Довольно сложным представляется разграничение V и VI степеней по Sindou, тогда как клинически между ними существует большая разница. При V степени кровоток в синусе редуцирован, но имеется, а значит, при ошибке в тактике реваскуляризации хирурги, скорее всего, получат неудовлетворительный результат. При VI степени синус непроходим и изменения вследствие его тромбоза уже произошли, соответственно, возможна простая резекция опухоли с вовлеченными в нее структурами [46]. Представленные 2 ситуации существенно различаются между собой, однако предоперационно это выяснить довольно трудно. Это указывает на недостаточную чувствительность и специфичность

предоперационных исследований (магнитно-резонансной ангиографии, церебральной ангиографии) для выбора хирургической тактики, а также на необходимость принятия интраоперационных решений.

Исследований, сравнивающих пластику синуса и его шунтирование, не существует. Объем вмешательства часто диктуется степенью вовлеченности синуса в патологический процесс, а значит, на шунтирующие операции попадают заведомо более тяжелые пациенты, что делает некорректным прямое сравнение методик. Кроме того, стоит учитывать, что при агрессивной резекции менингиомы с VI степенью окклюзии можно травмировать поверхностные вены, которые в случае окклюзии ВСС берут на себя больший отток и становятся функционально значимыми, и уже они являются лимитирующим фактором в хирургии данных опухолей [47].

Первым и решающим пред- и интраоперационным моментом является определение наличия или отсутствия кровотока в синусе. Одним из решений видится применение интраоперационной венографии с использованием индоцианина зеленого. У авторов, использовавших данную методику, в 16 % случаев наблюдался проходимость ВСС, что привело к изменению тактики вмешательства [48, 49]. Другой методикой, определяющей возможность пожертвовать дренирующей веной, было ее временное пережатие с последующим использованием венографии индоцианином зеленым. В случае ее заполнения из другого бассейна это позволяет определить наличие альтернативного пути оттока у исследуемой вены, а значит, теоретическую возможность ею пожертвовать [50]. Неясной остается также возможность использования контактной доплерографии для определения наличия кровотока в синусе с целью принятия решения о тактике шунтирования. Ее можно было бы применять и при решении относительно кортикальных вен, так как при изменении направления кровотока и сохранной линейной скорости можно было бы сказать о наличии альтернативного пути оттока.

Е. Houdart и соавт. использовали баллонный тест для определения возможности резекции прямого синуса при его инвазии менингиомой. При раздувании баллона у пациента практически сразу возник неврологический дефицит в виде головной боли. Общее время пережатия составило 120 с, а венозные коллатерали не были визуализированы при этом исследовании, в связи с чем принято решение о частичной резекции данной менингиомы с сохранением прямого синуса [51].

Для предположения о радикальности вмешательства в подавляющем большинстве случаев используется классификация резекции менингиом по Simpson (табл. 3) [52].

В последние годы относительно данной классификации возникает много вопросов [53–56]. Во-первых, авторы говорят о субъективности оценки в случае

Таблица 3. Классификация радикальности удаления менингиомы по Simpson

Table 3. Classification of the radicality of meningioma removal by Simpson

Степень Degree	Объем резекции опухоли Volume of tumor resection
I	Полная резекция опухоли с удалением ТМО и прилежащей измененной кости Macroscopically complete tumor resection with removal of affected dura and underlying bone
II	Полная резекция опухоли с коагуляцией ТМО Macroscopically complete tumor resection with coagulation of affected dura only
III	Полная резекция опухоли без удаления ТМО и прилежащей кости Macroscopically complete tumor resection without removal of affected dura or underlying bone
IV	Субтотальная резекция Subtotal tumor resection
V	Декомпрессия с биопсией опухоли Decompression with or without biopsy

Примечание. ТМО — твердая мозговая оболочка.

Note. TMO — dura mater.

резекции (коагуляция вовлеченной твердой мозговой оболочки, удаление кости с признаками гиперостоза), выполняемой на глаз. Для твердой мозговой оболочки и кости справедливо утверждение о возможности разной степени клеточной инвазии при одинаковом внешнем виде, что делает сложной оценку возможности рецидива из этого остатка опухоли. Довольно часто градация по шкале происходила ретроспективно, на основании возникшего или нет рецидива, что в корне нарушает сам принцип предоперационной оценки. Кроме того, с появлением интраоперационной магнитно-резонансной томографии есть более точный способ определить радикальность резекции [55]. Менингиомы различных локализаций имеют разную вероятность рецидива, и самый высокий риск — у менингиом фалькса, они рецидивируют в среднем в 4 раза чаще [57]. Данная классификация не подходит для рецидивов менингиом и не учитывает возможность комбинированного лечения с облучением остатка опухоли. При приблизительно одинаковой вероятности рецидива после удаления, согласно I и II степеням резекции по Simpson, в последнем случае зафиксировано меньше интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений [58]. Лимитирующим фактором таких исследований является, однако, не очень длительный период наблюдения, который мог бы показать разницу между этими группами. Таким образом, выводы, касающиеся радикальности удаления менингиом, в том числе и с поражением синуса, опирающиеся на эту шкалу, являются спорными, и, очевидно, не во всех случаях следует добиваться I степени резекции по Simpson [52, 55].

ТЕХНИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ ВЕНОЗНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ

Венозная реваскуляризация является довольно редкой операцией и в связи с этим имеет много непроработанных технических аспектов.

Проблемой является верный выбор графта для выполнения шунтирующих операций. На данный момент существуют 3 возможности: артериальный или венозный аутографт и протез из гортекса [7, 9, 15]. Прямым сравнением отсроченной проходимости артериальных и венозных шунтов занимались лишь М. Sindou и соавт. в своей первой экспериментальной работе на собаках. Во время эксперимента 25 животных были разделены на 2 группы. Все они были прооперированы, выполнено шунтирование ВСС венозными и артериальными трансплантатами в 12 и 13 случаях соответственно. На момент окончания наблюдения за животными (в среднем 30 дней) работали 54 % венозных анастомозов и 75 % артериальных. Стоит отметить, что венозные тромбозы были ранними и, по мнению авторов, вызваны техническими ошибками. Артериальные тромбозы были отсроченными, и авторы связывают их прежде всего с фиброзными изменениями графта. Однако они оговаривают, что в связи с последовательным выполнением экспериментов опыт хирурга при наложении артериальных графтов был несравненно больше, что могло сказаться на результатах. Кроме того, по данным гистологических исследований, артериальные графты чаще подвергались фиброзным изменениям в стенке и отсроченному тромбозу. Антиагреганты и антикоагулянты в исследовании не применялись. По мнению авторов, шунты с использованием вены являются лучшим выбором при данных операциях [25]. Однако исследование только на небольшой группе животных с не очень длительным периодом наблюдения ставит под сомнение корректность экстраполяции полученных результатов на хирургическую практику. В дальнейшем этот вопрос рассматривался лишь в описаниях отдельных случаев [13, 59].

Существенным техническим моментом является возможность наложения микрососудистых анастомозов в отсутствии кровотечения при сохраненном кровотоке по синусу. Остается неясным, возможно ли пережимать ВСС и какое время мозг способен выдерживать отсутствие венозного оттока, а также чем необходимо пережимать синус, чтобы не повреждать венозную стенку и септы синуса, дабы не провоцировать отсроченный тромбоз, который в связи с достаточно низким давлением крови в синусе является самым частым осложнением данного вида вмешательств [60].

Разными авторами предложен ряд методик по остановке кровотечения из синуса как посредством тампонирования просвета синуса после венотомии губкой и кровоостанавливающими материалами, так и с использованием баллонных шунтирующих систем.

N.L. Sekhar в своей последней работе заявляет о возможности использования каротидной шунтирующей системы для замещения оттока по синусу на время формирования анастомозов [3]. Удобство, эффективность и отдаленные результаты при применении различных методик не сравнивались ни в одном из исследований.

Другими вопросами, недостаточно освещенными в литературе, являются форма синусотомии и угол анастомоза. Эти параметры необходимо прояснить для получения адекватной гемодинамики в шунте. М. Sindou и соавт. выполняли синусотомию треугольной формы со стороной 2 мм и углом анастомоза 45°, что кажется разумным, учитывая достаточно небольшой кровоток в синусе [25]. Однако это единственное упоминание о данном техническом моменте в литературе, что делает этот вопрос по меньшей мере недостаточно изученным.

Кроме того, остается неясным вопрос использования антиагрегантной и антикоагулянтной терапии при операциях на парасагиттальных менингиомах (как при синусотомии с последующим вылушиванием опухоли из синуса, так и с наложением шунта). Ряд авторов использует аспирин и низкие дозы гепарина интраоперационно, однако четких показаний и понимания, когда это необходимо, на данный момент не существует [61].

Не описана также интраоперационная проверка работающего анастомоза. Как при любом другом типе шунтирующей операции, возможно выполнение теста Аккланда, венографии с использованием индоцианина зеленого и контактной доплерографии, однако исследований на эту тему не проводилось.

Неясными остаются возможность, необходимость и способ реканализации синуса после его пластики или шунта в случае шунтирования. Есть сообщения об успешном тромблизисе в таких ситуациях, однако они единичны [62].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент существует ряд нерешенных вопросов, касающихся лечения парасагиттальных менингиом. При наличии нескольких подходов большинство авторов придерживается хирургической тактики. Однако она сама по себе вызывает много вопросов и противоречий, начиная с показаний и заканчивая тонкими техническими моментами, которые тем не менее могут существенно повлиять на исходы в этой группе пациентов. В дальнейших исследованиях следует уточнить показания и противопоказания к данной хирургии, а также прояснить оперативную технику вмешательства. При этом стоит иметь в виду, что техника венозной реваскуляризации может использоваться при лечении других нейрохирургических патологий — острой травмы синусов, артериовенозных фистул, аневризм [63–66].

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Marosi C., Hassler M., Roessler K. et al. Meningioma. *Crit Rev Oncol Hematol* 2008;67(2):153–71. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2008.01.010
- Buerki R.A., Horbinski C.M., Kruser T. et al. An overview of meningiomas. *Future Oncol* 2018;14(21):2161–77. DOI: 10.2217/fon-2018-0006
- Zeeshan Q., Patel A., Cheng C.-Y. et al. Resection of meningiomas involving major dural venous sinuses: classification, technique, and long-term results. *World Neurosurg* 2019;125:e521–36. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.01.128
- Goldbrunner R., Minniti G., Preusser M. et al. EANO guidelines for the diagnosis and treatment of meningiomas. *The Lancet Oncology* 2016;17(9):e383–91. DOI: 10.1016/S1470-2045(16)30321-7
- Apra C., Peyre M., Kalamarides M. Current treatment options for meningioma. *Expert Rev Neurother* 2018;18(3):241–9. DOI: 10.1080/14737175.2018.1429920
- Gatterbauer B., Gevsek S., Höftberger R. et al. Multimodal treatment of parasagittal meningiomas: a single-center experience. *J Neurosurg* 2017;127(6):1249–56. DOI: 10.3171/2016.9.JNS161859
- Hadelsberg U., Nissim U., Cohen Z.R., Spiegelmann R. LINAC radiosurgery in the management of parasagittal meningiomas. *Stereotact Funct Neurosurg* 2015;93(1):10–6. DOI: 10.1159/000368440
- Deibert C.P., Kondziolka D. Stereotactic radiosurgery used to manage a meningioma filling the posterior two-thirds of the superior sagittal sinus: Case report. *J Neurosurg* 2013;119(5):1156–8. DOI: 10.3171/2013.7.JNS13623
- Day S.E., Halasz L.M. Radiation therapy for WHO grade I meningioma. *Chin Clin Oncol* 2017;6(Suppl 1):S4. DOI: 10.21037/cco.2017.06.01
- Korah M.P., Nowlan A.W., Johnstone P.A., Crocker I.R. Radiation therapy alone for imaging-defined meningiomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76(1):181–6. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.01.066
- Gupta A., Xu Z., Cohen-Inbar O. et al. Treatment of asymptomatic meningioma with gamma knife radiosurgery: long-term follow-up with volumetric assessment and clinical outcome. *Neurosurgery* 2019;85(5):E889–99. DOI: 10.1093/neuros/nyz126
- Farzin M., Molls M., Kampfer S. et al. Optic toxicity in radiation treatment of meningioma: a retrospective study in 213 patients. *J Neurooncol* 2016;127(3):597–606. DOI: 10.1007/s11060-016-071-7
- Moraes F.Y., Chung C. Radiation for skull base meningiomas: review of the literature on the approach to radiotherapy. *Chin Clin Oncol* 2017;6(Suppl 1):S3. DOI: 10.21037/cco.2017.06.08
- Mohammed N., Narayan V., Patra D. et al. Management of meningiomas involving the major venous sinuses: a single-institution experience. *World Neurosurg* 2019;127:e179–85. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.03.043
- Adachi K., Hasegawa M., Hirose Y. Evaluation of venous drainage patterns for skull base meningioma surgery. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2017;57(10):505–12. DOI: 10.2176/nmc.ra.2016-0336
- Sindou M., Hallacq P. Venous reconstruction in surgery of meningiomas invading the sagittal and transverse sinuses. *Skull Base Surg* 1998;8(2):57–64. DOI: 10.1055/s-2008-1058576
- Fang Q., Jiang A., Tao W., Xin L. Anatomic comparison of veins of Labbé between autopsy, digital subtraction angiography and computed tomographic venography. *Biomed Eng Online* 2017;16(1):84. DOI: 10.1186/s12938-017-0374-3
- Kiliç T., Akakin A. Anatomy of cerebral veins and sinuses. *Front Neurol Neurosci* 2008;23:4–15. DOI: 10.1159/000111256
- Andrews B.T., Dujovny M., Mirchandani H.G., Ausman J.I. Microsurgical anatomy of the venous drainage into the superior sagittal sinus. *Neurosurgery* 1989;24(4):514–20. DOI: 10.1227/00006123-198904000-00005
- Debernardi A., Quilici L., La Camera A. et al. Torcular meningioma with multi-venous sinus invasion: compensatory drainage veins and surgical strategy. *World Neurosurg* 2018;109:451–4. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.120
- Sindou M.P., Alvernia J.E. Results of attempted radical tumor removal and venous repair in 100 consecutive meningiomas involving the major dural sinuses. *J Neurosurg* 2006;105(4):514–25. DOI: 10.3171/jns.2006.105.4.514
- Mazur M.D., Cutler A., Couldwell W.T., Taussky P. Management of meningiomas involving the transverse or sigmoid sinus. *Neurosurg Focus* 2013;35(6):E9. DOI: 10.3171/2013.8.FOCUS13340
- Hakuba A., Huh C.W., Tsujikawa S., Nishimura S. Total removal of a parasagittal meningioma of the posterior third of the sagittal sinus and its repair by autogenous vein graft. Case report. *J Neurosurg* 1979;51(3):379–82. DOI: 10.3171/jns.1979.51.3.0379
- Ricci A., Di Vitantonio H., De Paulis D. et al. Parasagittal meningiomas: Our surgical experience and the reconstruction technique of the superior sagittal sinus. *Surg Neurol Int* 2017;8:1. DOI: 10.4103/2152-7806.198728
- Sindou M., Mazoyer J.F., Fischer G. et al. Experimental bypass for sagittal sinus repair. Preliminary report. *J Neurosurg* 1976;44(3):325–30. DOI: 10.3171/jns.1976.44.3.0325
- Sindou M. Meningiomas invading the sagittal or transverse sinuses, resection with venous reconstruction. *J Clin Neurosci* 2001;8(Suppl 1):8–11. DOI: 10.1054/jocn.2001.0868
- Wang S., Ying J., Wei L. et al. Effects of parasagittal meningiomas on intracranial venous circulation assessed by the virtual reality technology. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(8):12706–15.
- Sekhar L.N., Tzortzidis F.N., Bejjani G.K., Schessel D.A. Saphenous vein graft bypass of the sigmoid sinus and jugular bulb during the removal of glomus jugulare tumors. Report of two cases. *J Neurosurg* 1997;86(6):1036–41. DOI: 10.3171/jns.1997.86.6.1036
- Yin T., Zhang H., Wang W. et al. Falcine sinus and parafalcine collateral veins in meningiomas invading the superior sagittal sinus. *World Neurosurg* 2019;132:e434–42. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.120
- Yao X., Wei T., Zhang H. et al. The natural growth rate of skull base meningiomas compared with non-skull base meningiomas. *J Craniofac Surg* 2019;30(4):1231–3. DOI: 10.1097/SCS.00000000000005468
- Brugada-Bellsolà F., Teixidor Rodríguez P., Rodríguez-Hernández A. et al. Growth prediction in asymptomatic meningiomas: the utility of the AIMSS score. *Acta Neurochir (Wien)* 2019;161(11):2233–40. DOI: 10.1007/s00701-019-04056-3
- Jang W.Y., Jung S., Jung T.Y. et al. Predictive factors related to symptomatic venous infarction after meningioma surgery. *Br J Neurosurg* 2012;26(5):705–9. DOI: 10.3109/02688697.2012.690914
- Sughrue M.E., Rutkowski M.J., Shangari G. et al. Incidence, risk factors, and outcome of venous infarction after meningioma surgery in 705 patients. *J Clin Neurosci* 2011;18(5):628–32. DOI: 10.1016/j.jocn.2010.10.001
- Bonnal J., Brotchi J. Surgery of the superior sagittal sinus in parasagittal meningiomas. *J Neurosurg* 1978;48(6):935–45. DOI: 10.3171/jns.1978.48.6.0935
- Можаев С.В., Семенютин В.Б., Масленникова Л.С. Локальный мозговой кровоток и напряжение кислорода на различных этапах хирургического вмешательства у больных с менигиомами верхнего сагиттального синуса. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова* 1996;155(3):9–11. Mozhayev S.V., Semenyutin V.B., Maslennikova L.S. Local cerebral blood flow and oxygen tension at various stages of surgical intervention in patients with meningiomas of the upper sagittal sinus. *Vestnik khirurgii named after I.I. Grekov = Grekov's Bulletin of Surgery* 1996;155(3):9–11 (In Russ.).
- Тиглиев Г.С., Можаев С.В., Олюшин В.Е. и др. Хирургическое лечение менигиом верхнего сагиттального синуса (тактика

- и техника операций). Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко 1994;58(3):19–22.
- Tigliev G.S., Mozhaev S.V., Oliushin V.E. The surgical treatment of meningiomas of the superior sagittal sinus (tactics and techniques of operations). Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 1994;58(3):19–22. (In Russ.).
37. Ehresman J.S., Mampre D., Rogers D. et al. Volumetric tumor growth rates of meningiomas involving the intracranial venous sinuses. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(8):1531–8. DOI: 10.1007/s00701-018-3571-3
 38. Giordan E., Sorenson T.J., Lanzino G. Optimal surgical strategy for meningiomas involving the superior sagittal sinus: a systematic review. *Neurosurg Rev* 2020;43(2):525–35. DOI: 10.1007/s10143-018-1026-1
 39. Eichberg D.G., Casabella A.M., Menaker S.A. et al. Parasagittal and parafalcine meningiomas: integral strategy for optimizing safety and retrospective review of a single surgeon series. *Br J Neurosurg* 2020;34(5):559–64. DOI: 10.1080/02688697.2019.1635988
 40. Brotschi J. Should we pursue superior sagittal sinus grafting in parasagittal meningiomas in 2013? *World Neurosurg* 2014;82(3–4):325–6. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.07.107
 41. Raza S.M., Gallia G.L., Brem H. et al. Perioperative and long-term outcomes from the management of parasagittal meningiomas invading the superior sagittal sinus. *Neurosurgery* 2010;67(4):885–93. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3181ef2a18
 42. Entezami P., Gooch M.R., Dalfino J. Endovascular stenting of the superior sagittal sinus to alleviate venous compression caused by a parasagittal meningioma. *BMJ Case Rep* 2019;12(4):e227935. DOI: 10.1136/bcr-2018-227935
 43. Steiger H.J., Reulen H.J., Huber P., Boll J. Radical resection of superior sagittal sinus meningioma with venous interposition graft and reimplantation of the Rolandic veins. Case report. *Acta Neurochir (Wien)* 1989;100(3–4):108–11. DOI: 10.1007/BF01403595
 44. Mantovani A., Di Maio S., Ferreira M.J., Sekhar L.N. Management of meningiomas invading the major dural venous sinuses: operative technique, results, and potential benefit for higher grade tumors. *World Neurosurg* 2014;82(3–4):455–67. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.06.024
 45. Nowak A., Dziedzic T., Czernicki T. et al. Surgical treatment of parasagittal and falcine meningiomas invading the superior sagittal sinus. *Neurol Neurochir Pol* 2014;48(3):174–80. DOI: 10.1016/j.pjnns.2014.05.003
 46. Mazur M.D., Neil J.A., Agarwal C. et al. Surgical management of a transosseous meningioma with invasion of torcula, superior sagittal sinus, transverse sinus, calvaria, and scalp. *Surg Neurol Int* 2015;6:40. DOI: 10.4103/2152-7806.153708
 47. Wang X., Wu R., Zhang P. et al. Superior sagittal sinus obstruction by giant meningiomas: is total removal feasible? *World Neurosurg* 2016;94:111–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.06.113
 48. Della Puppa A., Rustemi O., Giofrè G. et al. Application of indocyanine green video angiography in parasagittal meningioma surgery. *Neurosurg Focus* 2014;36(2):E13. DOI: 10.3171/2013.12.FOCUS13385
 49. d'Avella E., Volpin F., Manara R. et al. Indocyanine green videoangiography (ICGV)-guided surgery of parasagittal meningiomas occluding the superior sagittal sinus (SSS). *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155(3):415–20. DOI: 10.1007/s00701-012-1617-5
 50. Ferroli P., Nakaji P., Acerbi F. et al. Indocyanine green (ICG) temporary clipping test to assess collateral circulation before venous sacrifice. *World Neurosurg* 2011;75(1):122–5. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.09.011
 51. Houdart E., Saint-Maurice J.P., Boissonnet H., Bonnin P. Clinical and hemodynamic responses to balloon test occlusion of the straight sinus: technical case report. *Neurosurgery* 2002;51(1):254–7. DOI: 10.1097/00006123-200207000-00042
 52. Nanda A., Bir S.C., Maiti T.K. et al. Relevance of Simpson grading system and recurrence-free survival after surgery for World Health Organization Grade I meningioma. *J Neurosurg* 2017;126(1):201–11. DOI: 10.3171/2016.1.JNS151842
 53. Schul D.B., Wolf S., Krammer M.J. et al. Meningioma surgery in the elderly: outcome and validation of 2 proposed grading score systems. *Neurosurgery* 2012;70(3):555–65. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318233a99a
 54. Schwartz T.H., McDermott M.W. The Simpson grade: abandon the scale but preserve the message. *J Neurosurg* 2020 Oct 9:1–8. DOI: 10.3171/2020.6.JNS201904
 55. Slot K.M., Verbaan D., Bosscher L. et al. Agreement between extent of meningioma resection based on surgical Simpson grade and based on postoperative magnetic resonance imaging findings. *World Neurosurg* 2018;111:e856–62. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.178
 56. Sughrue M.E., Kane A.J., Shangari G. et al. The relevance of Simpson Grade I and II resection in modern neurosurgical treatment of World Health Organization Grade I meningiomas. *J Neurosurg* 2010;113(5):1029–35. DOI: 10.3171/2010.3.JNS091971
 57. Ehresman J.S., Garzon-Muvdi T., Rogers D. et al. The relevance of Simpson grade resections in modern neurosurgical treatment of World Health Organization Grade I, II, and III meningiomas. *World Neurosurg* 2018;109:e588–93. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.028
 58. Barber S.M., Konakondla S., Nakhla J. et al. Oncologic benefits of dural resection in spinal meningiomas: a meta-analysis of Simpson grades and recurrence rates. *J Neurosurg Spine* 2019 Nov 8: 1–11. DOI: 10.3171/2019.8.SPINE19859
 59. Schmid-Elsaesser R., Steiger H.J., Yousry T. et al. Radical resection of meningiomas and arteriovenous fistulas involving critical dural sinus segments: experience with intraoperative sinus pressure monitoring and elective sinus reconstruction in 10 patients. *Neurosurgery* 1997;41(5):1005–18. DOI: 10.1097/00006123-199711000-00001
 60. Poredoš P. Interrelationship between venous and arterial thrombosis. *Int Angiol* 2017;36(4):295–8. DOI: 10.23736/S0392-9590.17.03820-2
 61. Mathiesen T. Parasagittal meningiomas. *Handb Clin Neurol* 2020;170:93–100. DOI: 10.1016/B978-0-12-822198-3.00031-8
 62. Li L.F., Pu J.K., Tsang C.P. et al. Iatrogenic sigmoid sinus occlusion rescued by graft repair and endovascular thrombolysis. *World Neurosurg* 2017;104:1047.e13–1047.e17. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.05.041
 63. Дубовой А.В., Овсянников К.С., Амелин М.Е. Реконструкция единственной лобно-височной поверхностной Сильвиевой вены в хирургическом лечении большой частично тромбированной аневризмы бифуркации М1 сегмента средней мозговой артерии. Патология кровообращения и кардиохирургия 2016;20(3):118–21. DOI: 10.21688/1681-3472-2016-3-118-121
 64. Дубовой А.В., Овсянников К.С., Амелин М.Е. Single fronto-temporal sylvian vein reconstruction when treating a large partially thrombosed aneurysm of the M1 middle cerebral artery. *Patologiya Krovoobrashcheniya i Kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery* 2016;20(3):118–21. (In Russ.). DOI: 10.21688/1681-3472-2016-3-118-121
 65. Copeland A.E., Hoffman C.E., Tsitouras V. et al. Clinical significance of venous anomalies in syndromic craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2018;6(1):e1613. DOI: 10.1097/GOX.0000000000001613
 66. George B., Sainte-Rose C., Sindou M., Hitchcock E.R. Lateral sinus reconstructive surgery: treatment of intracranial hypertension by venous anastomosis. *Neurol Res* 1984;6(4):203–6. DOI: 10.1080/01616412.1984.11739691
 67. Sheng H.S., Shen F., Lin J. et al. Traumatic open depressed cranial fracture causing occlusion of posterior superior sagittal sinus: Case report. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(22):e7055. DOI: 10.1097/MD.0000000000007055

Благодарность. Авторы выражают благодарность художнику Александре Владиславовне Андроповой за иллюстрации к статье.
Gratitude. The authors express their gratitude to Alexandra Vladislavovna Andropova for the illustrations to the article.

Вклад авторов

Н.А. Полунина: обзор публикаций, правка текста статьи;

Е.А. Орлов: обзор публикаций, написание текста статьи.

Contribution of the authors

N.A. Polunina: review of publications, editing of the text of the article;

E.A. Orlov: review of publications, writing the text of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

Н.А. Полунина / N.A. Polunina: <https://orcid.org/0000-0001-8439-2109>

Е.А. Орлов / E.A. Orlov: <https://orcid.org/0000-0003-4960-9135>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

ТРАНСКРАНИАЛЬНЫЙ ФОКУСИРОВАННЫЙ УЛЬТРАЗВУК В НЕЙРОХИРУРГИИ: ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.И. Скворцова¹, В.В. Белоусов¹, В.М. Джафаров¹, И.В. Сенько¹, В.В. Крылов¹⁻³

¹ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 10;

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

³ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 129090 Москва, Б. Сухаревская пл., 3

Контакты: Виджай Маисович Джафаров vidzhaid@gmail.com

Введение. Современным технологиям удалось обойти костный барьер с помощью ультразвуковых волн, и арсенал нейрохирургических инструментов пополнился транскраниальным фокусированным ультразвуком (ФУЗ). Сочетание этого метода с магнитно-резонансной томографией (МРТ) позволяет выполнять операции под непосредственным контролем расположения очага деструкции и степени ее выраженности во время процедуры.

Цель работы – представить обзор литературы по современному применению метода ФУЗ-МРТ в нейрохирургии. На протяжении десятилетий ультразвук (УЗ) в медицине используется преимущественно в диагностических целях. Современные технологии привели к появлению возможности применять УЗ в нейрохирургии с лечебной целью без открытого вмешательства. Сегодня транскраниальный ФУЗ-МРТ – инновация в медицине, расширяющая горизонты малоинвазивной хирургии. Проведенные исследования применения метода ФУЗ доказывают эффективное лечение тремора и ряда других патологий, а многие научные проекты представляют собой перспективные направления.

Заключение. Применение метода ФУЗ-МРТ открывает широкие перспективы.

Ключевые слова: фокусированный ультразвук, тремор, болезнь Паркинсона, эссенциальный тремор, ультразвук, магнитно-резонансная томография

Для цитирования: Скворцова В.И., Белоусов В.В., Джафаров В.М. и др. Транскраниальный фокусированный ультразвук в нейрохирургии: терапевтические возможности и экспериментальные исследования. Нейрохирургия 2023;25(2):140–7. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-140-147

Transcranial focused ultrasound in neurosurgery: therapeutic possibilities and experimental studies

V.I. Skvortsova¹, V.V. Belousov¹, V.M. Dzhabarov¹, I.V. Senko¹, V.V. Krylov¹⁻³

¹Federal Center of Brain Research and Neurotechnology; Bld. 10, 1 Ostrovitianova St., Moscow 117342, Russia;

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

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

Contacts: Vidzhai Maisovich Dzhabarov vidzhaid@gmail.com

Introduction. Since modern technologies have managed to bypass the bone barrier for ultrasound waves, the arsenal of neurosurgical instruments has been replenished with transcranial focused ultrasound (FUS). The combination of this method with magnetic resonance imaging (MRI) allows you to perform operations under the direct control of the location of the focus of destruction and the degree of its severity during the procedure.

Aim. To present a review of the literature on the modern application of the focused ultrasound under MRI control (MRgFUS) method in neurosurgery.

Ultrasound has been used in medicine mainly for diagnostic purposes for decades. Modern technologies have led to the possibility of using ultrasound in neurosurgery for therapeutic purposes without open intervention. Today transcranial MRgFUS is an innovation in medicine, expanding the horizons of minimally invasive surgery. The conducted studies of the focused ultrasound method prove the effective treatment of tremor and a number of other pathologies, and many scientific projects represent promising areas.

Conclusion. The use of the MRgFUS method opens up broad prospects.

Keywords: focused ultrasound, tremor, Parkinson's disease, essential tremor, ultrasound, magnetic resonance imaging

For citation: Skvortsova V.I., Belousov V.V., Dzhabarov V.M. et al. Transcranial focused ultrasound in neurosurgery: therapeutic possibilities and experimental studies. *Neurosurgery* 2023;25(2):140–7. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-140-147

ВВЕДЕНИЕ

Продолжительное время ультразвук (УЗ) в медицине применялся в диагностике различных патологий (доплерография, УЗ-навигация в хирургии) и имел узкое применение в лечебных целях (литотрипсия, офтальмохирургия). Попытки применения УЗ в нейрохирургии были исторически unsuccessful, поскольку кости черепа являлись основным барьером для прохождения ультразвуковых (УЗ-) волн. Были описаны случаи проведения УЗ-деструкции в лечении психиатрических заболеваний с выполнением трепаниации [1]. На сегодняшний день УЗ прочно занял место в диагностике внутричерепной гипертензии через роднички у детей, в доплерографии при наличии соответствующего темпорального «окна» и в интраоперационной УЗ-навигации различных гематом, опухолей и других патологий.

Современные разработки позволили УЗ пройти через костный барьер без необходимости выполнения краниотомии. Открылась возможность использовать его в нейрохирургии не только в диагностике, но и в лечении. К настоящему времени технологии привели к созданию минимальной инвазивной УЗ-хирургии, состоящей из 2 компонентов: высокодозированного фокусированного ультразвука (HIFU – ФУЗ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Такое сочетание позволяет визуализировать нужную область с точностью до 1 мм и проводить УЗ-деструкцию с одновременным скринингом температуры ткани без выполнения какой-либо инвазии. Уже проведен ряд исследований, которые доказывают, что ФУЗ-МРТ эффективно устраняет тремор, положительно влияет на симптомы обсессивно-компульсивного расстройства и уменьшает нейропатическую боль. Многие научные проекты находятся в стадии разработки, применение этого метода открывает широкие перспективы в будущем. Авторами выполнен обзор литературы о современном применении ФУЗ в нейрохирургии.

ПРОЦЕДУРА ВЫСОКОДОЗИРОВАННОГО ФОКУСИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКА И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Транскраниальный ФУЗ – инновационная технология, позволяющая выполнять контролируемые стереотаксические деструктивные вмешательства на головном мозге с использованием синхронно работающих МРТ и УЗ-трансдюсера [2]. С помощью ФУЗ стало возможным выполнение деструкции в веществе головного мозга размером в 1–6 мм. Технология операции повторяет практические маневры стереотакси-

ческой нейрохирургии (надевание базового кольца стереотаксической рамы, проведение МРТ/КТ для создания трехмерной модели, стереотаксическое планирование) для проведения операций на глубинных отделах головного мозга. Используется устройство ФУЗ Exablate Neuro 4000 (Insightec, Израиль), которое синхронизировано с аппаратом МРТ мощностью 3 Тл.

Перед операцией голова пациента должна быть полностью выбрита для предотвращения ожога кожи за счет поглощения энергии УЗ. Стереотаксическая рама фиксируется на голове под местной анестезией. Силиконовая мембрана с центральным отверстием накладывается на голову пациента для герметизации пространства между головой и трансдюсером. Это пространство в последующем заполняется прохладной дегазированной водой, чтобы уменьшить нагревание кожи во время сеанса подачи энергии (соникация). Стереотаксическая рама жестко прикрепляется к столу с установленным на нем трансдюсером для предотвращения движений пациента головой. Выполняется серия диагностических МРТ-сканирований для установки мишени и ее стереотаксических координат, проверки возможных погрешностей. Вся процедура обычно не требует анестезии, пациент находится в постоянном контакте с персоналом.

После нескольких проверок всей системы проводят соникацию. Сначала используется предварительная УЗ-деструкция при нагреве тканей до 40–45 °С в течение 10–15 с, которая позволяет подтвердить точность наведения УЗ с помощью МРТ. После каждой соникации пациенту проводят неврологический контроль для оценки эффективности и исключения побочных эффектов. Появившийся клинический результат на этом этапе обратим, и, как правило, уже через несколько минут отмечается возвращение симптоматики. В дальнейшем мощность УЗ повышают, пока заданная температура не достигнет 54 °С и выше за счет увеличения длительности соникации и энергии воздействия. В результате достигают некроза клеток и, соответственно, стойкого клинического эффекта.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ФОКУСИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКА

Термоабляция

Абляция путем нагрева тканей является основным лечебным механизмом действия в клинической практике [2–4]. Термоабляция происходит в результате поглощения биологическими тканями УЗ-волн, сконцентрированных в определенной области мозга. Для этого используется трансдюсер с частотой 650 кГц. Аппарат состоит из расположенных в нем 1024 элементов

в виде полусферы для формирования УЗ-волн, которые проходят через костные структуры. Волны, преломляясь через градиент плотности кости, фокусируются на выбранной области мозга.

Разработаны специальные математические алгоритмы для концентрации УЗ в данной области для предупреждения диффузного рассеивания волн при прохождении костей черепа. Именно трансдюсер в виде полусферы с большим количеством источников УЗ, который затем концентрируется в определенной области в глубинных отделах мозга, позволил преодолеть костный барьер. МР-термометрия выполняется в непрерывном режиме для контроля необходимой температуры нагрева. Проведение деструкции мозговой ткани при температуре 40–50 °С позволяет вызывать обратимые процессы. В случае недостаточного клинического ответа или появления побочных эффектов нейрохирург может проводить репозицию области деструкции. Благодаря знанию анатомии и окружающих мишень структур врач может перемещать очаг деструкции в желаемую область для достижения необходимого эффекта без увеличения рисков осложнений.

Клинический эффект в виде уменьшения тремора проявляется уже непосредственно в ходе самой процедуры. При достижении необходимого клинического ответа от пробной деструкции и отсутствии нежелательных явлений несколько раз проводят окончательную деструкцию с нагревом тканей выше 55–60 °С. Таким образом, возникает некроз клеток с развитием перифокального отека [5].

Кавитация

Механизм кавитации основан на влиянии УЗ-волн на пузырьки газа в результате создаваемого ими градиента давления [2–4]. Эти пузырьки в кровеносном русле временно изменяются в размерах, то увеличиваясь, то уменьшаясь, что приводит к перерастяжению стенок эндотелия и волокон межклеточного вещества. При достаточном воздействии происходит повреждение мембран, временно увеличивается локальная проницаемость гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), что делает возможным проникновение фармакологических препаратов при лечении различных патологий. Данное направление с механизмом кавитации в настоящее время относится к области научных исследований. Для проникновения через ГЭБ необходим модуль ФУЗ с частотой 250 кГц, который применяется гораздо реже, чем терапевтический.

ЛЕЧЕНИЕ ЭКСТРАПИРАМИДНЫХ НАРУШЕНИЙ

Стереотаксические мишени для фокусированного ультразвука

ФУЗ-MPT позволяет проводить операции precisely с точностью до 1 мм и локально вызывать некроз группы клеток определенных ядер таламуса, блед-

ного шара (medial globus pallidus), субталамического ядра (subthalamic nucleus) или трактов белого вещества [2–4]. Таким образом, можно выполнить деструкцию именно в той области, которая необходима для достижения лечебного эффекта без вовлечения окружающих функциональных структур и, соответственно, без каких-либо осложнений. В настоящее время активно применяются такие стереотаксические мишени, как вентральное промежуточное (ventral-intermediate, VIM) ядро таламуса при лечении тремора, внутренний сегмент бледного шара, субталамическое ядро для терапии лекарственно-индуцированных дискинезий, брадикинезии, паллидоталамический тракт (pallidothalamic tract, PPT) в случае развернутых стадий болезни Паркинсона (БП).

Самой первой мишенью, которую одобрило Управление по контролю за продуктами питания и лекарствами США (Food and Drug Administration, FDA), было VIM-ядро для лечения фармакорезистентного тремора. Решение о возможности использования ФУЗ-MPT при эссенциальном треморе (ЭТ) принято в 2016 г., БП — в 2018 г., деструкции GPi — в ноябре 2021 г.

Эссенциальный тремор

В 2013 г. W. Elias и соавт. впервые опубликовали опыт лечения 15 пациентов с ЭТ методом ФУЗ-MPT [6]. Полученные данные свидетельствовали о значительном купировании тремора и улучшении качества жизни при 12-мес контроле за больными. N. Lipsman и соавт. пролечили 4 больных [7], в результате чего тремор при 3-мес наблюдении уменьшился в среднем на 81 %. M. Gallay и соавт. представили удовлетворительные результаты аблации церебеллоталамических трактов у 21 больного [8].

В 2016 г. появились данные рандомизированного исследования W. Elias и соавт. при ЭТ с использованием односторонней деструкции VIM-ядра таламуса у 76 больных [9]. При годовом наблюдении за пациентами оказалось, что тремор регрессировал по клинической шкале оценки тремора (Clinical rating scale for tremor, CRST) на 7,2 балла.

В метаанализе, выполненном N. Mohammed и соавт., по результатам лечения ЭТ методом ФУЗ-MPT были обобщены результаты 9 исследований с включением 160 пациентов [10]. В 8 исследованиях в качестве мишени использовалось VIM-ядро, в одном — церебеллоталамический тракт. Шесть исследований носили ретроспективный характер, 2 — проспективный и 1 было рандомизированным. Результаты метаанализа показали снижение тремора по CRST в среднем на 62 %.

Предпринимаются первые попытки по проведению двусторонней таламотомии для лечения ЭТ методом ФУЗ-MPT. Так, результаты исследования BEST-FUS ($n = 10$) показали, что профиль безопасности, сопоставимый с односторонней таламотомией, у поэтапной

двусторонней ФУЗ-МРТ-таламотомии уменьшает тремор и улучшает качество жизни пациентов с ЭТ [11]. Проведение повторных процедур ФУЗ-МРТ также возможно [12].

Болезнь Паркинсона

При БП (как и при ЭТ) наиболее изученной мишенью при проведении ФУЗ-МРТ является VIM-ядро таламуса. А. Magaga и соавт. первыми в 2014 г. описали результаты паллидоталамотомии на 13 больных с помощью ФУЗ-МРТ [13]. Авторы отметили снижение двигательной симптоматики по унифицированной шкале оценки болезни Паркинсона (Unified Parkinson's Disease Rating Scale, UPDRS) на 60,9 % и шкале Global Symptom Relief (GSR) на 56,7 %. В 2015 г. I. Schlesinger и соавт. использовали VIM-таламотомию у 7 пациентов для коррекции выраженного тремора [14].

A. Bond и соавт. провели двойное слепое рандомизированное исследование с включением 27 больных с тремор-доминантной формой БП (20 из них рандомизированы в группу лечения, 7 — в группу имитации лечения) и длительностью наблюдения 12 мес [15]. Через 3 мес после операции тремор уменьшился в среднем на 62 %. По шкале UPDRS улучшение отмечено в среднем на 8 баллов [15].

Проводились также исследования с использованием других мишеней. Так, в рандомизированном исследовании R. Martínez-Fernández и соавт. с включением 40 больных с БП использовалась субталамотомия. Результаты исследования выявили снижение по моторной части шкалы UPDRS в среднем с 19,9 до 9,9 балла [16].

В настоящее время проводится исследование по возможности выполнения двусторонней таламотомии (ClinicalTrials.gov: NCT03964272), а также использования в качестве мишени PPT (ClinicalTrials.gov: NCT04728295). Деструкция данной мишени эффективна не только в отношении тремора, но и других моторных симптомов БП. В ретроспективном исследовании M. Galla и соавт. показано, что билатеральные операции с деструкцией PPT способствовали уменьшению ригидности, брадикинезии и тремора на 67, 54 и 91 % соответственно [17]. Операции выполнены 10 больным с интервалом между сторонами в год. За все время наблюдения существенно не изменились нарушения ходьбы и постуральная неустойчивость. Боль уменьшилась на 89 %, а доза леводопы снижена в среднем до 580 мг/сут.

Исследования с длительным наблюдением больных

На данный момент опубликовано небольшое количество работ с долгосрочной оценкой результатов ФУЗ-МРТ при ЭТ и БП.

В результатах 3-летнего наблюдения С.Н. Halpern и соавт. за 75 пациентами после ФУЗ-МРТ показано снижение тремора по шкале CRST на 38–50 %, в том

числе постурального на 50–75 %, а также улучшение качества жизни на 27–42 %. Различия между показателями шкалы тремора до проведения операции и через 36 мес были высоко достоверными ($p < 0,0001$) [18].

В Корее в течение 4 лет Y. Park и соавт. проводили систематическое наблюдение за 12 больными с ЭТ после ФУЗ-МРТ [19] и отметили, что выраженность тремора уменьшилась на 56 %. По их мнению, 12-мес результат может быть маркером дальнейшей динамики.

Накопленные доказательства эффективности послужили основанием в 2019 г. для включения метода ФУЗ-МРТ в доказательный обзор методов лечения ЭТ, опубликованный Международным обществом болезни Паркинсона и двигательных расстройств (The International Parkinson and Movement Disorder Society) [20].

В 2022 г. опубликованы данные длительного наблюдения за 26 пациентами с БП после ФУЗ-МРТ-абляции VIM-ядра (длительность наблюдения от 1 до 5 лет, медиана 36 мес). Сразу после операции у 23 пациентов отмечено снижение тремора на 100 % и у 3 уменьшение на 90 %. Также зафиксировано значимое уменьшение тремора ног у 15 пациентов, подбородка у 2, головы у 1 больного. К 5-му году наблюдения улучшение по показателям среднего балла шкалы CRST и шкалы UPDRS (общего балла и балла, отражающего симптомы на контралатеральной стороне) было статистически значимым по сравнению с исходным уровнем ($p < 0,0001$). У 2 пациентов тремор вернулся полностью, у 8 — частично. Нежелательные явления исчезли в течение 3 мес [21].

Поскольку симптомы при ЭТ прогрессируют медленнее, чем БП, вероятность рецидива тремора в группе больных БП выше.

Осложнения

Y. Xu и соавт. в систематическом обзоре проанализировали вопрос об эффективности и безопасности использования ФУЗ при БП [22]. В обзор включено 11 работ с 80 пациентами. Никаких нейропсихологических отклонений большинство тестов не обнаружило. А большая часть имеющихся моторных осложнений имела временный и мягкий характер. Вместе с тем описаны и долгосрочные нежелательные эффекты. В работе A. Fasano и соавт. отмечалось развитие стойкой гемиатаксии и гемигипестезии [23]. A. Bond и соавт. описали развитие неблагоприятных явлений среди 20 пациентов с БП в виде неглубокого гемипареза у 2 (8 %) больных, парестезий в лице у 4 (20 %), в пальцах у 1 (5 %) и атаксии у 1 пациента (5 %) [15].

В исследовании W. Elias и соавт. спектр нежелательных эффектов у пациентов с ЭТ при деструкции VIM-ядра непосредственно после операции был представлен атаксией (36 % случаев), парестезиями или онемением (38 %) [9]. При наблюдении в течение 1 года подобные нежелательные явления сохранились у 9 и 14 % больных соответственно. Метаанализ

N. Mohammed и соавт. показал, что наиболее частыми осложнениями ФУЗ-МРТ при лечении больных с ЭТ были атаксия (33 % случаев) и парестезии (25 %), которые сохранялись через 3 мес после операции [10]. При дальнейшем наблюдении к 12 мес единственным осложнением, которое сохранилось у 15 % больных, была только парестезия.

По результатам рандомизированного исследования субталамотомии R. Martínez-Fernández и соавт. сообщили о появлении дискинезий у 22 % больных в раннем периоде [16]. Через 4 мес симптоматика регрессировала и наблюдалась только у 11 % больных. Слабость в конечностях появилась у 19 % больных с постепенным восстановлением в динамике. Нарушение речи диагностировано у 56 % пациентов. Через год после операции дизартрия сохранялась только в 1 случае. Нарушение походки после операции наблюдалось у 48 % больных с последующим восстановлением практически у всех. У 1 пациента отмечена сомноленция, которая разрешилась на утро следующего дня. При билатеральных процедурах у пациентов с БП на паллидоталамических трактах нарушения и инициации речи, гипофония нарастали в среднем на 58 % [17].

A. Sinai и соавт. к 5-летнему опыту наблюдения за пациентами с БП осложнений не описывают [21]. Y. Park и соавт. также утверждают об отсутствии стойких осложнений после операции у пациентов с ЭТ при 4-летнем наблюдении [19].

Подтверждением безопасности метода может служить публикация об опыте проведения ФУЗ-МРТ у 2 пациентов с ЭТ в возрасте старше 90 лет [24].

Сравнение ФУЗ-МРТ с другими методами хирургии

Современный арсенал нейрохирургов в решении экстрапирамидных патологий включает стереотаксическую радиочастотную термоабляцию, гамма-нож, имплантацию систем глубинной стимуляции мозга и ФУЗ. Несмотря на очевидные преимущества того или иного метода лечения, каждый из них имеет определенные недостатки. Операции с радиочастотной деструкцией проводятся пациентам только с одной стороны (имеющим преимущественно одностороннюю симптоматику), имеют инвазивный характер, контролируемый, необратимый и мгновенный результат. У глубинной стимуляции мозга также инвазивный и более объемный характер процедуры в виду необходимости имплантации всех компонентов системы стимуляции. Результат полностью контролируем и обратим. При применении гамма-ножа отсутствует инвазия вмешательства, но результат бывает отсроченным. Развитие побочных эффектов предупредить невозможно, как и отсутствие контролируемости результата.

Проведен системный обзор с метаанализом Y. Altinel и соавт. по сравнению с методом глубокой стимуляции мозга (deep brain stimulation, DBS) с деструктивными

методиками, включая ФУЗ-МРТ [25]. Проанализировано 15 работ с включением 1508 больных. Значимых отличий в эффективности, изменения качества жизни и когнитивных нейропсихических функций не отмечено. Но при сравнении только DBS и ФУЗ-МРТ качество жизни оказалось лучше при использовании ФУЗ-МРТ.

M. Nagary и соавт. опубликовали результаты сравнения 2 исследований по применению DBS и ФУЗ-МРТ [26]. Характеристика пациентов была практически идентична, за исключением более молодого возраста и более выраженного тремора у пациентов с DBS. Обе методики доказали одинаковую эффективность в снижении тремора и улучшении качества жизни при годовом наблюдении за больными. Группа больных с ФУЗ-МРТ имела больше стойких неврологических нарушений, а группа пациентов с DBS — больше хирургических (в том числе со стороны имплантируемых устройств) и геморрагических осложнений.

Систематический обзор по сравнению DBS и ФУЗ-МРТ выполнен M. Giordano и соавт. [27]. Авторы собрали 45 статей за 1995–2019 гг. Суммарно получилось, что 1202 пациента было пролечено с помощью DBS и 477 — с ФУЗ-МРТ. Результаты лечения тремора были лучше при применении DBS, качество жизни — в группе с ФУЗ-МРТ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время в Северной Америке и Европе разрешено использовать ФУЗ-МРТ в лечении только моторных симптомов экстрапирамидных нарушений. В отдельных странах есть возможность применять ФУЗ-МРТ при нейропатической боли и обсессивно-компульсивном расстройстве. Однако с момента появления в 2001 г. первого аппарата ФУЗ-МРТ предпринимались попытки увеличения проницаемости ГЭБ с помощью данного метода. ГЭБ является одним из самых сложных барьеров для проникновения множества терапевтических препаратов. ФУЗ-МРТ может временно (до 24 ч) увеличить проницаемость ГЭБ путем осцилляций микропузырьков или кавитации [28–31]. Спустя сутки барьер возвращается в стабильное состояние. За это время увеличивается концентрация препаратов в пораженной области, предотвращая их чрезмерное попадание в другие области мозга. Открыть ГЭБ можно в различных отделах головного мозга: в коре, гиппокампе, стволе мозга, стриатуме [32–34]. Поскольку возможности терапевтического действия УЗ ограничены небольшой областью в центре черепа диаметром около 3 см, для открытия ГЭБ применяется трансдьюсер ФУЗ с рабочей частотой 220 кГц [2]. В связи с этим в настоящее время проводятся несколько десятков различных исследований (см. таблицу).

На моделях животных выявлено, что при внутримозговом введении метотрексата здоровым кроликам с помощью ФУЗ можно достичь в 13 раз большей

Исследования безопасности и эффективности транскраниального фокусированного ультразвука в нейрохирургии по данным Реестра клинических испытаний (ClinicalTrials.gov)

List of completed and ongoing trials for focused ultrasound under magnetic resonance imaging control according to the Register of Clinical Trials (ClinicalTrials.gov)

Завершенные работы Completed trials	Продолжающиеся исследования Active trials
Эссенциальный тремор Essential tremor (NCT01304758*, NCT02037217, NCT019324638)	Болезнь Паркинсона Parkinson's disease (NCT04692116*, NCT03319485, NCT03964272)
Депрессия Depression (NCT02348411)	Доброкачественные опухоли головного мозга центральной локализации Benign brain tumors of central localization (NCT03028246)
Обсессивно-компульсивное расстройство Obsessive-compulsive disorder (NCT01986296)	Нейропатическая боль Neuropathic pain (NCT03111277, NCT04649554)
Болезнь Паркинсона Parkinson's disease (NCT02912871, NCT01772693)	Тригеминальная невралгия Trigeminal neuralgia (NCT04579692)
	Метастазы головного мозга Brain metastases (NCT03714243)
	Болезнь Альцгеймера Alzheimer's disease (NCT03671889, NCT03739905)
	Эссенциальный тремор Essential tremor (NCT03465761, NCT03253991)
	Эпилепсия Epilepsy (NCT03417297, NCT02804230)
	Глиобластома и ее рецидив Glioblastoma and its recurrence (NCT04845919, NCT04440358, NCT04417088, NCT03712293, NCT03551249, NCT04998864, NCT04667715, NCT03616860)
	Онкологическая боль Oncological pain (NCT03894553)

*Регистрационный номер клинического испытания в Реестре ClinicalTrials.gov.

*Registration number of the clinical trial in the Registry ClinicalTrials.gov.

концентрации препарата в мозге, чем обычно [35]. На моделях с глиомой концентрация доксорубина была в 14 раз больше [36]. В настоящее время проводится несколько исследований, посвященных использованию ФУЗ для лечения опухолей головного мозга у человека: сонодинамическая терапия, открытие ГЭБ

с внутривенным введением карбоплатина, темодала. Одно из исследований с системным введением темодала 5 больным с глиомой высокой степени злокачественности показало безопасность и хорошую переносимость этого метода [37].

Ведутся исследования относительно применения ФУЗ и при болезни Альцгеймера. Есть гипотезы о возможной доставке необходимых при этой болезни препаратов в специфические области головного мозга. В одном из исследований на 5 пациентах проводили соникации размером $5 \times 10 \times 7$ мм в правой лобной доле, после чего выполняли МРТ с контрастированием [38]. По данным МРТ выяснилось, что данная область мозга имела повышенную проницаемость без каких-либо побочных эффектов. Следующим этапом исследований станет аналогичное открытие ГЭБ совместно с использованием препаратов для лечения болезни Альцгеймера. При боковом амиотрофическом склерозе есть предпосылки для использования технологии ФУЗ: доставка клеточных моделей, генов, факторов роста в первичную моторную кору. В 1 исследовании транзитивно открывали ГЭБ у 4 больных [39]. Данная методика позволила остаться 2 больным на прежних схемах терапии. Стоит отметить, что соникации в области моторной зоны не вызывали осложнений и не оказывали побочных эффектов.

Эпилепсия стала еще одним направлением для исследований. Поскольку около 30 % больных имеют фармакорезистентность, им показано хирургическое лечение. Некоторые структурные поражения требуют локальной резекции, и здесь ФУЗ может быть использован в лечении дисплазий, гамартом, поражений при туберозном склерозе (ClinicalTrials.gov: NCT02804230). Это направление в будущем может стать доказанным методом лечения и быть востребованным у определенных категорий больных, например у пациентов с множественными поражениями, коморбидным состоянием или отказывающихся от открытых оперативных вмешательств.

Т. Yamaguchi и соавт. описывают случай использования ФУЗ у пациента с гипоталамической гамартомой [40]. Пациенту 26 лет с геластическими приступами, которые вызывались данным образованием размерами $2,5 \times 2 \times 1,5$ см, проводилось 6 терапевтических соникаций для выполнения дисконнекции гамартоты головного мозга. Операция прошла успешно, никаких побочных эффектов не выявлено. За 12 мес наблюдения ни приступов, ни патологической активности при ЭЭГ не отмечалось.

Сонотромболизис ФУЗ также является одним из научных перспективных направлений в мире [41]. Многим пациентам с острыми нарушениями мозгового кровообращения проводится терапия тромболизисом или тромбэкстракцией. ФУЗ может стать дополнением или адъювантным методом лечения при неэффективности обычных методов или отсутствии возможности

их проведения. Осцилляции микропузырьков под воздействием УЗ приводят к частичному разрушению тромба [42–45]. Результатами некоторых исследований доказано, что с помощью ФУЗ частота тромболизиса улучшается и достигает 58–95 % [45–48]. Это дает возможность значительно уменьшить размеры области инфаркта, достигать лучших клинических исходов, но требует дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С тех пор как современным технологиям удалось обойти костный барьер, в арсенал нейрохирургических инструментов добавился транскраниальный ФУЗ. Соче-

тание этого метода с МРТ позволяет выполнять операции под непосредственным контролем расположения очага деструкции и степени ее выраженности во время процедуры. Проведенные исследования высокой степени доказанности позволили ФУЗ-МРТ уверенно закрепиться в лечении моторных проявлений экстрапирамидных нарушений. Малоинвазивность, эффективность и контролируемость результатов операции являются наиболее перспективными характеристиками ФУЗ-МРТ в сравнении с другими хирургическими методами. Ведутся многочисленные исследования, которые позволяют открывать новые приоритетные возможности в лечении целого спектра неврологических заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Lindstrom P. Prefrontal ultrasonic irradiation — a substitute for lobotomy. *Arch Neurol Psychiatry* 1954;72(4):399. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1954.02330040001001
- Meng Y., Hynynen K., Lipsman N. Applications of focused ultrasound in the brain: from thermoablation to drug delivery. *Nat Rev Neurol* 2020;17(1):7–22. DOI: 10.1038/s41582-020-00418-z
- Quadri S., Waqas M., Khan I. et al. High-intensity focused ultrasound: past, present, and future in neurosurgery. *Neurosurg Focus* 2018;44(2):e16. DOI: 10.3171/2017.11.focus17610
- Jung N., Chang J. Magnetic resonance-guided focused ultrasound in neurosurgery: taking lessons from the past to inform the future. *J Korean Med Sci* 2018;33(44). DOI: 10.3346/jkms.2018.33.e279
- Wintermark M., Druzgal J., Huss D. et al. Imaging findings in MR imaging-guided focused ultrasound treatment for patients with essential tremor. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013;35(5):891–6. DOI: 10.3174/ajnr.A3808
- Elias W., Huss D., Voss T. et al. A pilot study of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *N Engl J Med* 2013;369(7):640–8. DOI: 10.1056/nejmoa1300962
- Lipsman N., Schwartz M., Huang Y. et al. MR-guided focused ultrasound thalamotomy for essential tremor: a proof-of-concept study. *Lancet Neurol* 2013;12(5):462–8. DOI: 10.1016/s1474-4422(13)70048-6
- Gallay M., Moser D., Rossi F. et al. Incisionless transcranial MR-guided focused ultrasound in essential tremor: cerebellothalamic tractotomy. *J Ther Ultrasound* 2016;4(1). DOI: 10.1186/s40349-016-0049-8
- Elias W., Lipsman N., Ondo W. et al. A randomized trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *N Engl J Med* 2016;375(8):730–9. DOI: 10.1056/nejmoa1600159
- Mohammed N., Patra D., Nanda A. A meta-analysis of outcomes and complications of magnetic resonance-guided focused ultrasound in the treatment of essential tremor. *Neurosurg Focus* 2018;44(2):e4. DOI: 10.3171/2017.11.focus17628
- Iorio-Morin C., Yamamoto K., Sarica C. et al. Bilateral focused ultrasound thalamotomy for essential tremor (BEST-FUS Phase 2 Trial). *Mov Disord* 2021;36(11):2653–62. DOI: 10.1002/mds.28716
- Weidman E.K., Kaplitt M.G., Strybing K., Chazen J.L. Repeat magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound thalamotomy for recurrent essential tremor: case report and review of MRI findings. *J Neurosurg* 2019;67(7):1–6.
- Magara A., Bühler R., Moser D. et al. First experience with MR-guided focused ultrasound in the treatment of Parkinson's disease. *J Ther Ultrasound* 2014;2:11. DOI: 10.1186/2050-5736-2-11
- Schlesinger I., Eran A., Sinai A. et al. MRI guided focused ultrasound thalamotomy for moderate-to-severe tremor in Parkinson's disease. *Parkinsons Dis* 2015;2015:219149. DOI: 10.1155/2015/219149
- Bond A., Shah B., Huss D. et al. safety and efficacy of focused ultrasound thalamotomy for patients with medication-refractory, tremor-dominant Parkinson disease: a randomized clinical trial. *JAMA Neurol* 2017;74(12):1412. DOI: 10.1001/jamaneurol.2017.3098
- Martínez-Fernández R., Máñez-Miró J., Rodríguez-Rojas R. et al. Randomized trial of focused ultrasound subthalamotomy for Parkinson's disease. *N Engl J Med* 2020;383(26):2501–13. DOI: 10.1056/nejmoa2016311
- Gallay M., Moser D., Magara A. et al. Bilateral MR-guided focused ultrasound pallidothalamic tractotomy for Parkinson's disease with 1-year follow-up. *Front Neurol* 2021;12:601153. DOI: 10.3389/fneur.2021.601153
- Halpern C.H., Santini V., Lipsman N. et al. Three-year follow-up of prospective trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *Neurology* 2019;93(24):e2284–93. DOI: 10.1212/WNL.00000000000008561
- Park Y., Jung N., Na Y., Chang J. Four-year follow-up results of magnetic resonance-guided focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *Mov Disord* 2019;34(5):727–34. DOI: 10.1002/mds.27637
- Ferreira J.J., Mestre T.A., Lyons K.E. et al.; MDS task force on tremor and the MDS evidence based medicine committee. MDS evidence-based review of treatments for essential tremor. *Mov Disord* 2019;34(7):950–8. DOI: 10.1002/mds.27700
- Sinai A., Nassar M., Sprecher E. et al. Focused ultrasound thalamotomy in tremor dominant Parkinson's disease: long-term results. *J Parkinsons Dis* 2022;12(1):199–206. DOI: 10.3233/JPD-212810
- Xu Y., He Q., Wang M. et al. Safety and efficacy of magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound neurosurgery for Parkinson's disease: a systematic review. *Neurosurg Rev* 2019;44(1):115–27. DOI: 10.1007/s10143-019-01216-y
- Fasano A., De Vloo P., Llinas M. et al. Magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound thalamotomy in Parkinson tremor: reoperation after benefit decay. *Mov Disord* 2018;33(5):848–9. DOI: 10.1002/mds.27348
- Paff M., Boutet A., Neudorfer C. et al. Magnetic resonance-guided focused ultrasound thalamotomy to treat essential tremor in nonagenarians. *Stereotact Funct Neurosurg* 2020;98(3):182–6. DOI: 10.1159/000506817
- Altinel Y., Alkhalfan F., Qiao N. et al. Outcomes in lesion surgery versus deep brain stimulation in patients with tremor: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2019;123:443–52.e8. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.175

26. Harary M., Segar D., Hayes M. et al. Unilateral thalamic deep brain stimulation versus focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *World Neurosurg* 2019;126:e144–52. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.01.281
27. Giordano M., Caccavella V., Zaed I. et al. Comparison between deep brain stimulation and magnetic resonance-guided focused ultrasound in the treatment of essential tremor: a systematic review and pooled analysis of functional outcomes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2020;91(12):1270–8. DOI: 10.1136/jnnp-2020-323216
28. Nation D., Sweeney M., Montagne A. et al. Blood-brain barrier breakdown is an early biomarker of human cognitive dysfunction. *Nat Med* 2019;25(2):270–6. DOI: 10.1038/s41591-018-0297-y
29. Kovacs Z., Kim S., Jikaria N. et al. Disrupting the blood-brain barrier by focused ultrasound induces sterile inflammation. *Proc Natl Acad Sci USA* 2016;114(1):e75–84. DOI: 10.1073/pnas.1614777114
30. McDannold N., Arvanitis C., Vykhodtseva N. et al. Temporary disruption of the blood-brain barrier by use of ultrasound and microbubbles: safety and efficacy evaluation in rhesus macaques. *Cancer Res* 2012;72(14):3652–63. DOI: 10.1158/0008-5472.can-12-0128
31. Okada K., Kudo N., Niwa K. et al. A basic study on sonoporation with microbubbles exposed to pulsed ultrasound. *J Med Ultrason* 2005;32(1):3–11. DOI: 10.1007/s10396-005-0031-5
32. Jordão J., Ayala-Grosso C., Markham K. et al. Antibodies targeted to the brain with image-guided focused ultrasound reduces amyloid- β plaque load in the TgCRND8 mouse model of Alzheimer's disease. *PLoS One* 2010;5(5):e10549. DOI: 10.1371/journal.pone.0010549
33. Thévenot E., Jordão J., O'Reilly M. et al. Targeted delivery of self-complementary adeno-associated virus serotype 9 to the brain, using magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound. *Hum Gene Ther* 2012;23(11):1144–55. DOI: 10.1089/hum.2012.013
34. Alli S., Figueiredo C., Golbourn B. et al. Brainstem blood brain barrier disruption using focused ultrasound: A demonstration of feasibility and enhanced doxorubicin delivery. *J Control Release* 2018;281:29–41. DOI: 10.1016/j.jconrel.2018.05.005
35. Mei J., Cheng Y., Song Y. et al. Experimental study on targeted methotrexate delivery to the rabbit brain via magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound. *J Ultrasound Med* 2009;28(7):871–80. DOI: 10.7863/jum.2009.28.7.871
36. Park J., Aryal M., Vykhodtseva N. et al. Evaluation of permeability, doxorubicin delivery, and drug retention in a rat brain tumor model after ultrasound-induced blood-tumor barrier disruption. *J Control Release* 2017;250:77–85. DOI: 10.1016/j.jconrel.2016.10.011
37. Mainprize T., Lipsman N., Huang Y. et al. Blood-brain barrier opening in primary brain tumors with non-invasive MR-guided focused ultrasound: a clinical safety and feasibility study. *Sci Rep* 2019;9(1). DOI: 10.1038/s41598-018-36340-0
38. Lipsman N., Meng Y., Bethune A. et al. Blood-brain barrier opening in Alzheimer's disease using MR-guided focused ultrasound. *Nat Commun* 2018;9(1):2336 DOI: 10.1038/s41467-018-04529-6
39. Abrahao A., Meng Y., Llinas M. et al. First-in-human trial of blood-brain barrier opening in amyotrophic lateral sclerosis using MR-guided focused ultrasound. *Nat Commun* 2019;10(1):4373. DOI: 10.1038/s41467-019-12426-9
40. Yamaguchi T., Hori T., Hori H. et al. Magnetic resonance-guided focused ultrasound ablation of hypothalamic hamartoma as a disconnection surgery: a case report. *Acta Neurochir (Wien)* 2020;162(10):2513–7. DOI: 10.1007/s00701-020-04468-6
41. Bader K., Bouchoux G., Holland C. Sonothrombolysis. *Adv Exp Med Biol* 2016;339–62. DOI: 10.1007/978-3-319-22536-4_19
42. Phenix C., Togtema M., Pichardo S. et al. High intensity focused ultrasound technology, its scope and applications in therapy and drug delivery. *J Pharm Pharm Sci* 2014;17(1):136–53. DOI: 10.18433/j3zp5f
43. Pajek D., Burgess A., Huang Y. et al. High-intensity focused ultrasound sonothrombolysis: the use of perfluorocarbon droplets to achieve clot lysis at reduced acoustic power. *Ultrasound Med Biol* 2014;40(9):2151–61. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.03.026
44. Chen X., Leeman J., Wang J. et al. New insights into mechanisms of sonothrombolysis using ultra-high-speed imaging. *Ultrasound Med Biol* 2014;40(1):258–62. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.08.021
45. Wright C., Hynynen K., Goert D. *In vitro* and *in vivo* high-intensity focused ultrasound thrombolysis. *Invest Radiol* 2012;47(4):217–25. DOI: 10.1097/rli.0b013e31823cc75c
46. Westermarck S., Wiksell H., Elmqvist H. et al. Effect of externally applied focused acoustic energy on clot disruption *in vitro*. *Clin Sci (Lond)* 1999;97(1):67–71. DOI: 10.1042/cs19980379
47. Rosenschein U., Furman V., Kerner E. Ultrasound imaging-guided noninvasive ultrasound thrombolysis. *Circulation* 2000;102(2):238–45. DOI: 10.1161/01.cir.102.2.238
48. Maxwell A., Cain C., Duryea A. et al. Noninvasive thrombolysis using pulsed ultrasound cavitation therapy – histotripsy. *Ultrasound Med Biol* 2009;35(12):1982–94. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2009.07.001

Вклад авторов

В.И. Скворцова: разработка концепции исследования, дизайна;

В.В. Белоусов: научное редактирование;

В.М. Джафаров: написание текста, поиск материала;

И.В. Сенько: поиск и обработка материала, редактирование;

В.В. Крылов: научное редактирование.

Authors' contributions

V.I. Skvortsova: development of the concept of research, design;

V.V. Belousov: scientific editing;

V.M. Dzhaifarov: writing a text, searching for material;

I.V. Senko: material search and processing, editing;

V.V. Krylov: scientific editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.И. Скворцова / V.I. Skvortsova: <https://orcid.org/0000-0003-2815-280X>

В.В. Белоусов / V.V. Belousov: <https://orcid.org/0000-0001-6637-8098>

В.М. Джафаров / V.M. Dzhaifarov: <https://orcid.org/0000-0002-5337-8715>

И.В. Сенько / I.V. Senko: <https://orcid.org/0000-0002-5743-8279>

В.В. Крылов / V.V. Krylov: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was conducted without sponsorship.

Статья поступила: 22.06.22. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 22.06.22. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

ТРАКТАТ ЯКОПО БЕРЕНГАРИО ДА КАРПИ «DE FRACTURA CALVE»

Т.А. Фоминых, С.А. Кутя, В.С. Уланов

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Минобрнауки России; Россия, 295007
 Симферополь, просп. Академика Вернадского, 4

Контакты: Сергей Анатольевич Кутя sergei_kutya@mail.ru

Статья посвящена трактату известного итальянского врача и анатома эпохи Ренессанса Якопо Беренгарио да Карпи «De fractura calve» («О переломах черепа»), опубликованного в 1518 г. В этом труде, справедливо считающемся краеугольным камнем в истории нейрохирургии и нейротравматологии, автор не только описал симптоматику травм головы, но и предложил их классификацию, основы дифференциальной диагностики, хирургическую тактику и необходимый инструментарий.

Ключевые слова: история медицины, травма головы, Якопо Беренгарио да Карпи

Для цитирования: Фоминых Т.А., Кутя С.А., Уланов В.С. Трактат Якопо Беренгарио да Карпи «De fractura calve». Нейрохирургия 2023;25(2):148–53. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-148-153

Treatise of Jacopo Berengario da Carpi “De fractura calve”

T.A. Fominykh, S.A. Kutya, V.S. Ulanov

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Ministry of higher education and science of Russia; 4 Vernadsky Ave, 295007 Simferopol, Russia

Contacts: Sergey Anatolievich Kutya sergei_kutya@mail.ru

This article describes the treatise “De fractura calve” (“About skull fractures”) of the famous Italian Renaissance physician and anatomist Jacopo Berengario da Carpi, published in 1518. In this work, rightly considered a milestone in the history of neurosurgery and neurotraumatology, the author not only described the symptoms of head injuries, but also offered their classification, basics of differential diagnosis, surgical tactics, and the necessary instruments.

Key words: history of medicine, head injury, Jacopo Berengario da Carpi

For citation: Fominykh T.A., Kutya S.A., Ulanov V.S. The Treatise of Jacopo Berengario da Carpi “De fractura calve”. Neurosurgery 2023;25(2):148–53. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-148-153

На протяжении многих веков нейрохирургия и нейротравматология являлись сферами преимущественно наблюдения и *primum non nocere* («не навреди»), поскольку результаты оперативного вмешательства часто вредили пациенту больше, чем течение самой болезни. Гиппократ был первым, кто описал лечение травм головы в труде «De capitis vulneribus» («О ранах головы»). В книге он классифицировал переломы костей черепа по типам, а по тяжести травмы определял необходимость трепанации (чем тяжелее травма, тем меньше необходимость в трепанации). К сожалению, в этой работе не было никаких указаний на то, что неврологическое состояние пациента имеет какое-либо значение для принятия хирургического решения.

В эпоху Возрождения в Европе значительно улучшились понимание анатомии и развитие хирургических методов. Якопо Беренгарио да Карпи (ок. 1460–1530) — итальянский врач, хирург и анатом (рис. 1). Родился в селении Карпи неподалеку от Модены в семье хирурга. Медицинское образование получил в университете Болоньи, в котором в 1502–1527 гг. занимал должность профессора медицины. Якопо Беренгарио впервые издал анатомический трактат с иллюстрациями “Isagoge breves: perlucide ac uberime in anatomiam humani corporis” («Краткое введение в анатомию человеческого тела»). Помимо упомянутого труда он опубликовал монографию «Tractatus de fractura calve sive cranei» (или сокращенно «De Fractura Cranei» — «О переломах черепа»), посвященную травмам



BERENGARIO CARPI.

Рис. 1. Якопо Беренгарио да Карпи

Литография с известной картины, хранящейся во дворце Ма Комунитà ди Карпи. Выполнена Гольдони под руководством Адеодато Малатеста, Модена, 1844

Fig. 1. Jacopo Berengario da Carpi

Lithograph from a famous painting preserved at the Palazzo Ma Comunità di Carpi. Executed by Goldoni under the direction of Adeodato Malatesta, Modena, 1844

головы. После книги Гиппократ она стала второй работой на эту тему и считается важной вехой в истории нейротравматологии.

В 1517 г. Якопо Беренгарио да Карпи наряду с другими специалистами был вызван в Анкону, куда был доставлен Лоренцо II Медичи (1492–1519), герцог Урбино, в ходе сражения при городе Мондольфо получивший ранение затылочной области головы выстрелом из аркебузы (рис. 2). В ходе консилиума врачи решили удалить инфицированные части затылочной кости, однако Беренгарио возражал против предложенного плана хирургического и постоперационного лечения и инструментов для оперативного вмешательства, заявив, что они неадекватны и устарели. Несмотря на это, герцог был успешно прооперирован, рана зажила в течение месяца, и Беренгарио смог покинуть Анкону. По возвращении в Болонью он решил написать книгу о переломах черепа, чтобы продемонстрировать другим врачам свои анатомические знания и опыт в лечении травм головы [1, 2]. Посвященная Лоренцо II Медичи книга была впервые опубликована в 1518 г. в Болонье (рис. 3) и с 1522 по 1728 г. переиздавалась 6 раз.

Помимо подробного описания раны Лоренцо II Медичи трактат содержит информацию о других слу-



Рис. 2. Гипсовый слепок черепа Лоренцо II Медичи: в левой затылочной области можно различить травму, нанесенную выстрелом из аркебузы. Музей Института анатомии Флорентийского университета

Fig. 2. Plaster cast of the skull of Lorenzo II Medici: in the left occipital region we can distinguish the trauma caused by a shot from an arquebus. Museum of the Institute of Anatomy, University of Florence).

Tractatus de Fractura Calvae sive Cranei a Carpo editus.



Рис. 3. Титульная страница труда Я. Беренгарио да Карпи «Tractatus de fractura calve sive cranei» (Болонья, 1518)

Fig. 3. Title page of J. Berengario da Carpi's Tractatus de fractura calve sive cranei (Bologna, 1518)

чаях повреждения черепа, которые детально разбирались на основе собственных наблюдений Беренгарио и случаев из практики его коллег. Описывая различные клинические ситуации, Якопо Беренгарио обращает пристальное внимание на связь между точным расположением ран и возникающими неврологическими



Рис. 4. Различные виды повязок для лечения травм головы, предложенные Беренгарио
Fig. 4. Various types of bandages proposed by Berengario for the treatment of head injuries

симптомами. В книге он затронул также вопросы прогноза, диагностики и лечения и подробно описал различные способы трепанации черепа. Трактат содержит первое опубликованное описание полного набора инструментов, предназначенных для черепно-мозговой хирургии [2–6].

Книга, хоть и основана преимущественно на личном опыте автора, по сути является настоящим учебником и содержит исторические ссылки и цитаты античных и средневековых врачей и философов. Она разделена на 2 части: в первой описываются причины травм головы и предлагается их классификация; 2-я часть посвящена описанию симптомов, прогностических данных и лечению. Книга содержит подробное описание клинической картины различных травм головы и субдуральных и эпидуральных гематом, повреждений от противоудара и того, что сегодня называется субдуральной эмпиемой. Да Карпи разделил травмы головы на 3 группы: порезы (*incisio*) (повреждения скальпа), ушибы (*contusio*) (от удара дубиной или камнем по голове) и перфорации (*perforatio*) (при ранении стрелой или кинжалом) [2, 7, 8]. Кроме того, в книге подробно описана клиническая картина сотрясения мозга: покраснение глаз, рвота желчью, потеря речи, нарушение зрения, координации, головокружение, лихорадка и рвота. При этом автор четко различает симптомы, возникающие при поражении мозговых оболочек, и симптомы, при которых они остаются нетронутыми. По мнению ученого, менингеальное поражение вызывает постоянную головную боль и «довольно активную рвоту желчью» из-за возможной «передачи боли от мозга к желудку посредством выступающих нисходящих нервов»; покраснение глаз объяснялось анатомической связью между оболочкой глаз и оболочками головного мозга [2, 4, 8].

Беренгарио также справедливо отметил, что повреждение мягкой мозговой оболочки может быть гораздо

более серьезным, чем твердой, и что в таких случаях пациенты могут страдать от спазмов (судорог) и паралича на противоположной стороне тела. Также автор приводит пример из собственной практики о возможности интрапаренхиматозного повреждения мозга, клиническая картина которого похожа на травму мягкой мозговой оболочки [2].

По поводу травм головы да Карпи отмечал, что их следует лечить как можно скорее (по возможности, в течение первого часа) не только, чтобы «не затягивать болезнь», но и чтобы больной быстрее восстановился. По его мнению, оперативное хирургическое вмешательство позволяет пациентам практически «не ощущать» его. В любом случае раны следует обрабатывать «агрессивно и немедленно»; после обязательного при переломах костей черепа разреза кожи следует извлечь костные фрагменты и, при необходимости, провести трепанацию. Среди всех прогностических факторов Беренгарио придавал большое значение пульсу и выражению лица, и нет никаких сомнений в том, что он распознал анизокорию («...один глаз кажется меньше другого») как опасный признак [2, 8].

В книге наиболее оригинальным является раздел, посвященный лечению травм головы. Беренгарио скрупулезно описал состав мазей, которые употреблялись в то время для лечения кожных ран. В их рецептуру входили, например, яичные желтки, куриный жир, розовое масло и травяные отвары. Кроме того, он раскрыл секрет приготовления мази, которую использовал его отец. Самым удивительным оказался состав, включающий, кроме традиционных компонентов, растертые в порошок ткани человеческой мумии. Автор представил варианты бинтования головы пациентов в зависимости от травмы (рис. 4); подробно описал условия, в которых должен содержаться пациент для скорейшего выздоровления, включая режим, состояние воздуха в помещении, качество постели и положение больного в ней [2, 9].

Книга содержит 8 гравюр с изображением различных инструментов, используемых в хирургии головы, в том числе трепанационное сверло (рис. 5), которое некоторые нейрохирурги считают родоначальником современного [2, 7]. Известно, что в книге использовались текст и иллюстрации энциклопедического трактата по хирургии «Kitab at-Tasrif li-man sagiza can at-talif» («Книга о представлении медицинских знаний в распоряжение тому, кому не удастся их составление»), написанного знаменитым арабским врачом Абу-аль-Касим аз-Захрави (936–1013). Этот труд содержит первые изображения некоторых трепанационных боров подобно представленным в «De Fractura Cranei». В описаниях инструментов Беренгарио ссылался также на Галена и Авиценну, упоминая инструменты, которыми те пользовались [4, 10].

В разделе, посвященном хирургии, автор обсуждает сроки проведения операций, размеры удаляемых фрагментов костей черепа, дальнейшее течение болезни. Особенно тщательно он характеризует хирургические инструменты, *corpus instrumentorum*, сопровождая описание реалистичными иллюстрациями. Этот набор инструментов, необходимый каждому нейрохирургу, разделен на устройства для трепанации и перфорации, элеваторы, экстракторы и долота [2, 8, 9, 11].

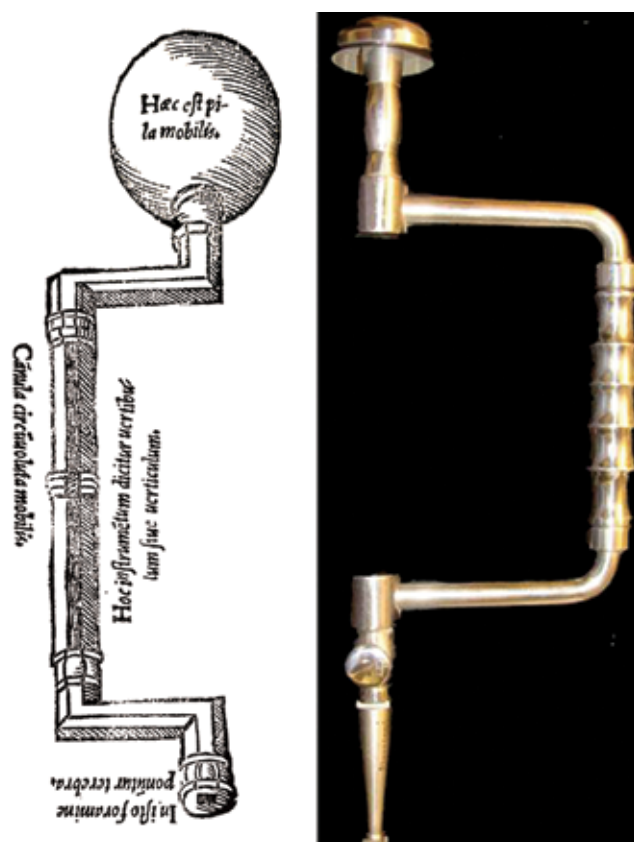


Рис. 5. Трепан Беренгарио (слева) и современный инструмент коловорот (трепан) (справа)

Fig. 5. Berengario's trepan (left) and the modern instrument trepan (right)

Впервые в медицинской литературе Беренгарио представил инструмент для наложения трепанационных отверстий, состоящий из вращающейся рукоятки (*verticulum*), подвижного деревянного шарика, который хирург должен удерживать в левой руке (*pila rotunda mobilis*), подвижной рукоятки для передачи кругового движения (*cannula mobilis*) и набора различных по форме и размерам взаимозаменяемых сверл (*tereбра*) (рис. 5, 6). Фактически этот инструмент — прародитель современного трепана [2, 12].

Одно из сверл, предложенных Беренгарио и названное им *terebrum canulatum* (рис. 7), имело круглую зубчатую коронку с центральным штифтом (*aculeus*), чтобы легче зацеплять кость, и 2 боковых режущих крыла (*alae*). После проникновения более чем на половину толщины кости можно использовать другой инструмент без заостренного конца, чтобы избежать прокола твердой мозговой оболочки. Таким образом, Беренгарио различал «мужскую» версию с режущим штифтом на конце и «женскую» — без него [2, 12].

В книге имеются также описание и изображения 2 типов костных щипцов — одни предназначены для прокусывания костей (позволяют быстро произвести краниотомию), а другие — для захватывания и извлечения инородных тел из раны. Актуальны также

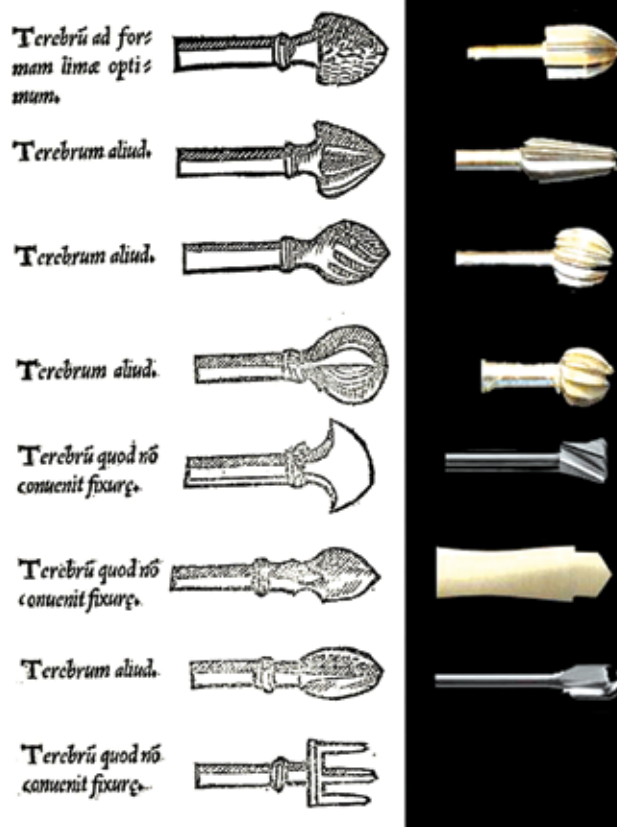


Рис. 6. Сравнение старинных сверл, предложенных Беренгарио (слева), с современными (справа)

Fig. 6. Comparison of drills (left) proposed by Berengario with modern (right)

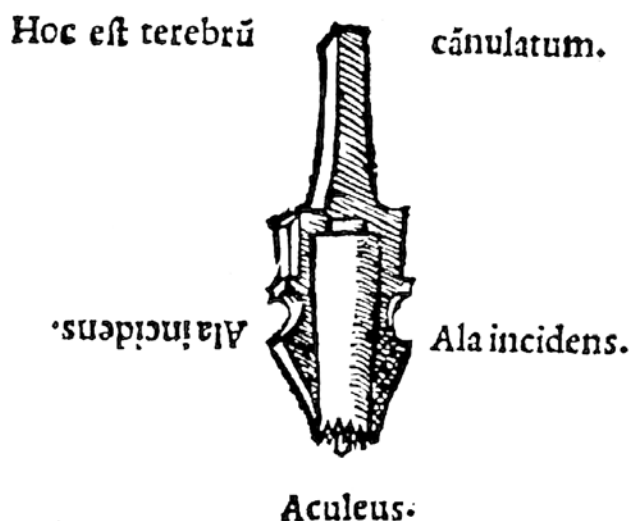


Рис. 7. Изображение *trepanum canulatum* из книги Беренгарио
Fig. 7. Illustration of *trepanum canulatum* from Berengario's book

представленные автором элеваторы, большой и малый, для подъема фрагментов черепа, а также 4 вида распаторов (рис. 8) [2, 9, 11].

Описывая инструменты, Беренгарио уточняет, из какого материала они должны быть изготовлены, рекомендуя использовать «индийское железо». Предлагается также различная тактика операций в зависимости от типа перелома — «мягкая», ограниченная лишь удалением фрагментов и осколков костей, или агрессивная с использованием трепана и просверливанием отверстий по периферии костного дефекта. Остановка кровотечения во время операции производилась ручным сжатием тканей или с использованием яичного порошка как коагулянта. Подробно даны рекомендации, касающиеся послеоперационного ухода (медикаменты, повязки, контроль чистоты раны и т.д.) [2].

Таким образом, труд Якопо Беренгарио да Карпи «О переломах черепа» представляет собой систематический обзор с полным описанием различных хирургических инструментов и их иллюстрациями, инструкциями по лечению переломов костей черепа, рекомендациями по неврологическому обследованию и последующему наблюдению за пациентами с травмами головы [4, 13]. Книга была востребована современниками и специалистами последующих поколений вплоть до середины XVIII в.

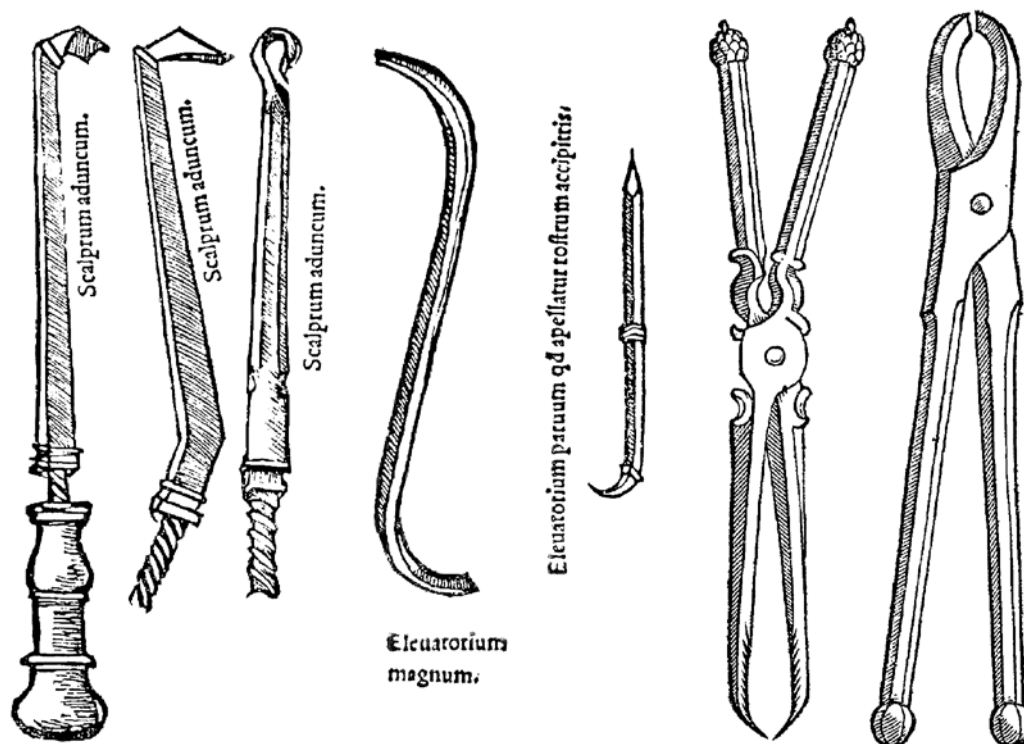


Рис. 8. Изображения некоторых нейрохирургических инструментов из книги Беренгарио
Fig. 8. Illustrations of some neurosurgical instruments from Berengario's book

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Putti V. Berengario da Carpi: saggio biografico e bibliografico, seguito dalla traduzione del "De fractura calvae sive cranei". Bologna: L. Cappelli, 1937. 352 p.
- Di Ieva A., Gaetani P., Matula C. et al. Berengario da Carpi: a pioneer in neurotraumatology. J Neurosurg 2011;114(5):1461–70. DOI: 10.3171/2010.10.JNS101331
- Berengario da Carpi. On fracture of the skull or cranium / Transl. by L.R. Lind. Philadelphia: Am Philosophic Society, 1990, XXV, 164 p. ISBN 0871698048
- Parent A. Berengario da Carpi and the Renaissance of brain anatomy. Frontiers in Neuroanatomy 2019;13:11. DOI: 10.3389/fnana.2019.00011
- Rossini Z., Nicolosi F., Kolias A.G. et al. The history of decompressive craniectomy in traumatic brain injury. Front Neurol 2019;10:458. DOI: 10.3389/fneur.2019.00458
- Prioreschi P. Berengario da Carpi: Renaissance Anatomist. History of Medicine. Renaissance Medicine. Omaha, Horatius Press, 2007. Vol. VI. 801 p.
- Dowling K.A., Goodrich J.T. Two cases of 16th century head injuries managed in royal European families. Neurosurg Focus 2016;41(1):E2. DOI: 10.3171/2016.4.FOCUS15119
- Nanda A., Khan I.S., Apuzzo M.L. Renaissance neurosurgery: Italy's iconic contributions. World Neurosurg 2016;87:647–55. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.11.016
- Mazzola R.F., Mazzola I.C. Treatise on skull fractures by Berengario da Carpi (1460–1530). J Craniofac Surg 2009;20(6):1981–4. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181bd2ddc
- Bahşi I., Seda S., Orhan M. et al. Jacopo Berengario da Carpi's Contributions to Neuroanatomy. Lokman Hekim Journal 2018;8(3):205–11. DOI: 10.31020/mutftd.446274
- Assina R., Rubino S., Sarris C.E. et al. The history of brain retractors throughout the development of neurological surgery. Neurosurg Focus 2014;36(4):E8. DOI: 10.3171/2014.2.FOCUS13564
- Chorney M.A., Gandhi C.D., Prestigiacomo C.J. Berengario's drill: origin and inspiration. Neurosurg Focus 2014;36(4):E7. DOI: 10.3171/2014.2.FOCUS13563
- Splavski B., Rotim K., Boop F.A. et al. The overshadowed scientific endeavours of Berengario da Carpi, a renaissance physician and the Forerunner of neurosurgery: a historical vignette. Br J Neurosurg 2020;21:1–7. DOI: 10.1080/02688697.2020.1862055

Вклад авторов

Т.А. Фоминых: разработка и дизайн исследования, окончательное редактирование статьи;

С.А. Кутя: написание текста статьи;

В.С. Ульянов: сбор и анализ материалов

Author's contribution

T.A. Fominykh: development and design of the study, final editing of the article;

S.A. Kutya: writing the text of the article;

V.S. Ulanov: collection and analysis of materials

ORCID авторов / ORCID of authors

Т.А. Фоминых / T.A. Fominykh: <https://orcid.org/0000-0001-6572-2387>

С.А. Кутя / S.A. Kutya: <https://orcid.org/0000-0002-1145-4644>

В.С. Уланов / V.S. Ulanov: <https://orcid.org/0000-0002-4096-2787>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 19.08.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

Article submitted: 19.08.2022. **Accepted for publication:** 26.01.2023.

EARLY AND LONG-TERM RESULTS OF ENDOVASCULAR TREATMENT OF CEREBRAL ANEURYSMS

V.V. Bobinov, L.V. Rozhchenko, A.E. Petrov, S.A. Goroshchenko, E.G. Kolomin, N.K. Samochernikh, N.Y. Tukanov, K.A. Samochernikh

V.L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute — branch of the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 2 Akkuratov St., Saint Petersburg 197341, Russia

Contact: Vasily Vitalievich Bobinov nevro.bobinov@yandex.ru

Introduction. Postoperative angiographic examinations after endovascular treatment of cerebral aneurysms may demonstrate unstable results, both in the form of recurrence formation, and in the form of increased degree of occlusion with initially incomplete occlusion of the aneurysm sac. Cerebral aneurysm recurrences represent an important medical and social problem comparable in terms of hemorrhage risks with nonoperated aneurysms.

Aim. To estimate the early and long-term results of endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms operated on using different endovascular techniques.

Materials and methods. The present study included 167 patients (48 men and 119 women) with 195 cerebral aneurysms aged from 18 to 75 years who were operated on using endovascular techniques at the neurosurgical department No. 3 of the Russian Research Neurosurgical Institute named after Prof. A. L. Polenov from 2013 to 2016. The average age of the patients was 52 ± 12 years, the minimum age was 18 years, and the maximum age was 75 years. The choice of endovascular treatment method in the patients included in the study was based on anatomico-topographic and morphometric features of aneurysm, as well as taking into account the period of aneurysmal disease course.

Results. The study of data of control angiographic examinations after endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms showed that in the remote postoperative period the degree of aneurysm occlusion may differ from that initially achieved. The probability of aneurysm recurrence after its isolated occlusion with coils may reach 13.1% already in 6 months after surgical treatment, 31.7% after 12 months and 22.3% after 36 months, averaging 22.5% ($p < 0.05$).

Conclusion. The personalized approach in choosing optimal surgical tactics for the treatment of patients with cerebral aneurysms allows to achieve stable radical aneurysm occlusion, to decrease the incidence of postoperative complications and aneurysm recurrences in the long-term postoperative period.

Keywords: cerebral aneurysm, endovascular occlusion, detachable spirals, balloon-assist, stent-assist, deflecting stent

For citation: 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):10–9. (In Russ.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-1-10-19

INTRODUCTION

Cerebral aneurysms are pathological local protrusions of the artery wall and become one of the main causes of intracranial hemorrhage, which occurs more often in people of working age [1, 2]. A complicated course of aneurysmal disease can lead to development of a severe, persistent neurological deficit or death [3]. In recent decades, including due to active introduction of techniques of endovascular occlusion of cerebral aneurysms, significant progress has been made in treatment of patients with this cerebrovascular pathology. The achievements of recent years have made it possible to expand the scope of endovascular techniques to almost all types and localization of cerebral aneurysms creating a direct alternative to microsurgical treatment [4, 5]. The results of large international randomized trials, such as the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT)

and the Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT), have demonstrated better clinical outcomes in endovascular treatment of patients during acute period of subarachnoid hemorrhage as compared with microsurgical techniques; meanwhile among the advantages have been noted lower risks of operation on patients initially being in a serious condition, having severe somatic status, severe neurological deficit caused among other things by aneurysm rupture, as well as the possibility of chemical angioplasty for treatment and prevention of cerebral vasospasm [6, 7].

The gradual accumulation of data on the long-term results of endovascular occlusion of aneurysms made it clear that the achieved radical result of turning off the aneurysm from bloodstream may be short-lived and the eliminated risks of intracranial hemorrhage may resume in some cases [8–11]. At the same time, most reports that describe hemorrhage

from previously occluded aneurysms indicate a more severe course of the disease that more often leads to deep disability and death [12–14].

Thus, it is obvious the necessity and actuality of studying the causes of recurrence of cerebral aneurysms after endovascular interventions as well as optimization of tactics of the endovascular treatment depending on the risk factors of recurrence.

The aim of the study was to evaluate the early and long-term results of endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms operated using various endovascular techniques.

MATERIALS AND METHODS

The present study included 167 patients (48 men and 119 women) with 195 cerebral aneurysms aged 18 to 75 years, operated using endovascular methods of treatment from 2013 to 2016 on the basis of neurosurgical Department No. 3 of the V.L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Center of Ministry of Health of Russia. The average age of the patients was 52 ± 12 years (from 18 to 75 years).

It should be noted that out of 195 aneurysms, 76 (39%) manifested themselves as intracerebral hemorrhage, other neurological symptoms (mass-effect, thromboembolism from the aneurysm sac) – 19 cases (9.7%) and 100 (51.3%) aneurysms were asymptomatic and randomly detected. 169 (86.7%) cerebral aneurysms were occluded by detachable spirals including those with the use of assisting techniques of which in 64 (37.9%) cases the aneurysm was turned off from the bloodstream using detachable spirals without additional assisting techniques, in 41 (24.2%) cases balloon assistance was used, in 64 (37.9%) – stent-assistance was used. In 26 (13.3%) cases a reconstruction of the parent artery with a flow diverter stent was performed.

The choice of endovascular treatment method for patients included in the study was based on the anatomic-topographic and morphometric features of the aneurysm, as well as taking into account the period of aneurysmal disease.

ASSESSMENT OF PRIMARY ANGIOGRAPHIC RESULTS OF THE CONDUCTED SURGICAL TREATMENT

The analysis of angiograms performed at the end of surgical treatment evaluated the radicality of aneurysm shutdown from bloodstream, the safety of arterial branches involved in the aneurysm, the absence of sagging coils of spirals into the vessel lumen, the presence of stagnation of the contrast agent in the aneurysm sac (if stenting techniques of the parent artery were used), the position of the implanted stent. The aneurysm occlusion class was evaluated according to the Raymond–Roy Occlusion Classification (RROC, 2006) and Cekirge–Saatci (Cekirge–Saatci, CSC, 2016) classifications.

Of the 195 cerebral aneurysms, 169 (86.7%) were occluded by detachable spirals, including those with use of assisting techniques, of which in 64 (37.9%) cases the aneurysm was turned off from bloodstream using detachable spirals without additional assisting techniques, in 41 (24.2%) cases the balloon assistance was used, in 64 (37.9%) – the stent-assistance. In 26 (13.3%) interventions, reconstruction of the parent artery with a flow diverter stent was performed. Total shutdown of aneurysm from bloodstream was achieved in 101 (58.8%) cases, subtotal – in 52 (30.8%), partial occlusion was performed in 16 (9.4%) cases ($p < 0.05$) (Fig. 1).

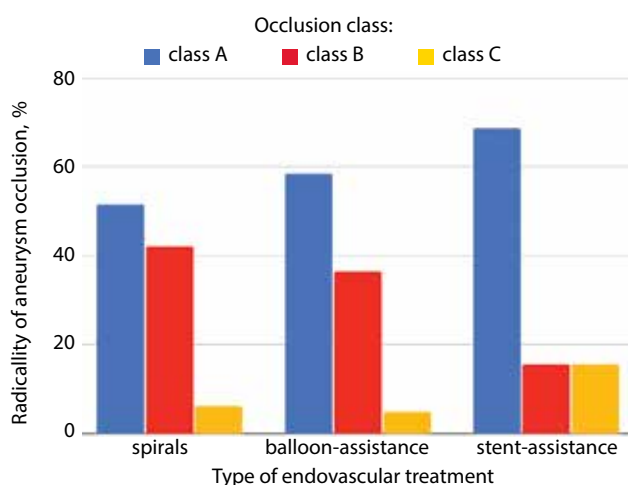


Fig. 1. Raymond–Roy initial radicality of cerebral aneurysm occlusion

There was an increase in the primary radicality of surgical treatment aimed at turning off the aneurysm from bloodstream using assisting techniques (odds ratio (OR) 1.726; 95% confidence interval (CI) 0.917–3.251; $p < 0.05$). With stent assistance, the radicality rates are higher as compared with the group without assisting techniques – 68.8 and 51.6%, respectively (OR = 2.067, 95% CI 1.005–4.250, $p < 0.05$). In all 26 cases of using flow diverter stents, remodeling of the parent artery (class IVA according to CSC) was achieved.

According to our data, unfavorable factors preventing the achievement of total occlusion of aneurysm by detachable spirals, including when there was used balloon assistance, were wide (more than 6 mm) neck and large (15–25 mm) size of aneurysm ($p < 0.005$), while favorable – the size of neck in the range of 3–6 mm and its usual (4–15 mm) size ($p < 0.005$).

EVALUATION OF LONG-TERM ANGIOGRAPHIC RESULTS OF SURGICAL TREATMENT

We considered the data of selective cerebral angiography performed no earlier than 6 months after the surgical intervention to be long-term results. The analysis of control angiograms took into account the dynamics and completeness of the aneurysm shutdown from the bloodstream using the specified classifications RROC (2006) and CSC (2016).

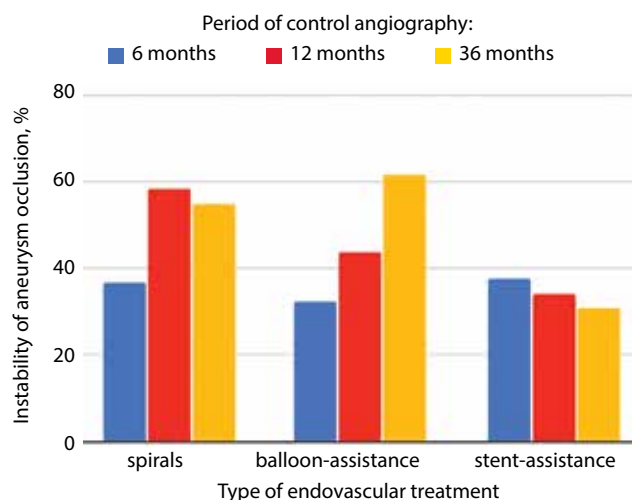


Fig. 2. Unstable occlusion result in the long-term postoperative period

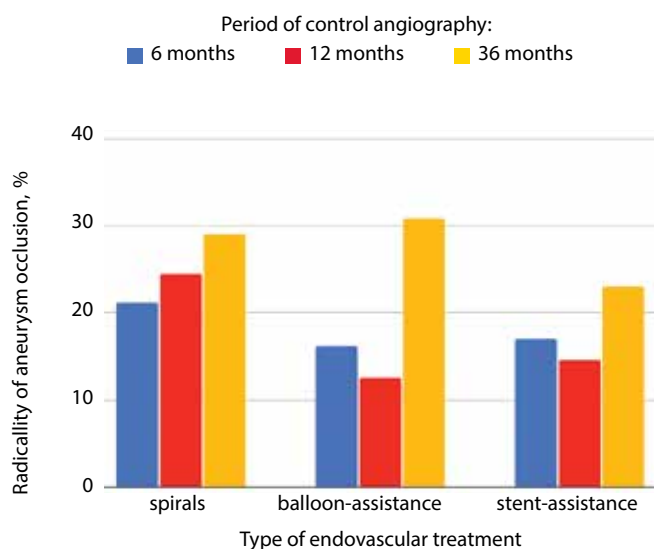


Fig. 3. Increase of radical occlusion in the long-term postoperative period

The analysis of control angiograms showed that the result of occlusion may be both stable and unstable, in the latter case it may be caused by both an increase in the occlusion degree of initially non-radically switched-off aneurysm and due to formation of recurrence (Fig. 2). The data obtained indicate high frequency of unstable occlusion of cerebral aneurysms in cases when used isolated occlusion by detachable spirals (36.8, 58.5 and 54.8% after 6, 12 and 36 months, respectively), balloon assistance (32.3, 43.7 and 6% after 6, 12 and 36 months) or stent assistance (37.5, 34.2 and 30.7% after 6, 23 and 36 months). Subtotal occlusion in our series turned out to be the most unstable type of occlusion (RROC class II) ($p < 0.05$).

We analyzed the increase in radical occlusion in long-term postoperative period (Fig. 3).

It was found that the average increase in radical occlusion in the long-term period with the use of isolated aneurysm occlusion by detachable spirals was 24.8% (21.1, 24.4 and 29% after 6, 12 and 36 months, respectively), with

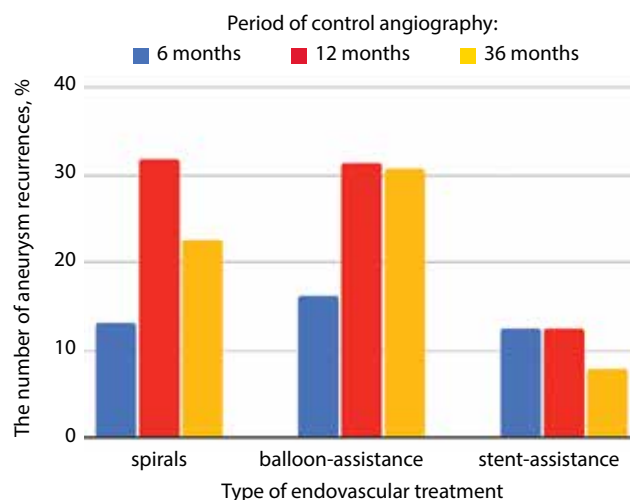


Fig. 4. Frequency and duration of recurrence of cerebral aneurysms

balloon assistance – 19.8% (16.2, 12.5 and 30.8% after 6, 12 and 36 months), with stent assistance – 18.1% (14.6, 23 and 18.1% after 6, 12 and 36 months) at $p < 0.05$.

When analyzing the data of control postoperative angiograms, an assessment of the timing and frequency of recurrence formation was carried out (Fig. 4).

It was revealed that average frequency of recurrence after the use of isolated aneurysm occlusion by detachable spirals was 22.5% (13.1, 31.7 and 22.6% after 6, 12 and 36 months, respectively), with balloon assistance – 26.1% (16.2, 31.3 and 30.8% after 6, 12 and 36 months), stent – assistance – 10.8% (12.5, 12.2 and 7.7% after 6, 12 and 36 months) ($p < 0.05$).

ASSESSMENT OF RECURRENCE FORMATION RISKS

A statistical analysis of anatomic-topographic, morphometric characteristics of the aneurysm and its supporting vessel was carried out to identify risk factors for the formation of aneurysm recurrence after endovascular treatment. According to the data obtained, localization of aneurysm, involvement of bifurcation, inclusion of arterial branches, bending of the artery, presence of diverticula do not have a statistically significant effect on the recurrence risk.

When analyzing aneurysm morphometric characteristics, it was found that statistically significant predictors of aneurysm recurrence after endovascular occlusion are large size (15–25 mm) of the aneurysm ($p = 0.043$) and its height (distance from the neck to the dome) more than 6 mm ($p = 0.037$).

The analysis of dependence of recurrence risks on the method of endovascular treatment used was carried out. According to the data obtained, the risk of aneurysm recurrence is 1.83 times higher when detachable spirals are employed without use of assisting techniques ($p = 0.028$), and also 2.03 times higher if class II radicality according to RROC is achieved ($p = 0.011$).

In addition, it was found that another predictor of recurrence is a transferred intracerebral hemorrhage from an aneurysm ($p = 0.017$).

Thus, reliable predictors of aneurysm recurrence after endovascular treatment according to our data are as follows: large aneurysm size ($p < 0.05$), its height is more than 6 mm ($p < 0.05$), the use of detachable spirals without employment of assisting techniques ($p < 0.05$), subtotal aneurysm occlusion (class II according to RROC) ($p < 0.05$), suffered intracerebral hemorrhage from aneurysm ($p < 0.05$).

The analysis of our data confirms the need for long-term angiographic control of radicality of the aneurysm shutdown from bloodstream for timely detection of their recurrence and repeated surgical intervention in order to prevent possible rupture of the aneurysm.

Based on the data obtained showing that initially incomplete occlusion plays a leading role in formation of aneurysm recurrence, we have developed an algorithm for differentiated selection of patients for endovascular treatment (Fig. 5).

One of the determining factors is the anatomic-morphometric characteristics of aneurysm, on the basis of which the possibility of radical shutdown of the aneurysm from bloodstream using detachable spirals is evaluated. Such characteristics of aneurysm include baggy-spherical shape, narrow unstrung neck, single-chamber structure and the absence of involvement of arterial branches in the neck and aneurysm sac.

DISCUSSION

The main goal of treatment of patients with cerebral aneurysms is the prevention of intracranial hemorrhage.

Having a lower primary radicality as compared with microsurgical clipping, the endovascular treatment has a number of advantages, such as possibility of performing surgical treatment of aneurysms that are difficult to access for microsurgery, low invasiveness during treatment, low risks of local purulent-septic complications, as well as shorter duration of inpatient treatment [6, 12, 15–17].

Gradual accumulation of data on long-term results of aneurysms endovascular occlusion have made it possible to understand that the achieved radical result of turning off the aneurysm from bloodstream may be short-lived and, in some cases, the eliminated risks of intracranial hemorrhage may resume [5, 8, 9–11, 18, 19].

According to data by L. Pierot et al., the use of isolated occlusion of aneurysms by detachable spirals makes it possible to achieve total shutdown of the aneurysm from bloodstream only in half of cases [20]. In our series of 64 aneurysms occluded by spirals without use of assisting techniques in 33 (51.6%) cases aneurysms were turned off from bloodstream totally, in 27 (42.2%) – subtotally and in 4 (6.2%) – partially. Thus, the primary results of endovascular isolated occlusion of aneurysms by detachable spirals achieved by us are comparable with the data presented in the literature.

According to G.M. Debrun et al., in order to achieve radical occlusion of an aneurysm using only spirals, the aneurysm must have the following characteristics: baggy-spherical shape, normal size, narrow neck, absence of diverticula [21]. According to our data, the favorable characteristics of aneurysm contributing to its radical shutdown from bloodstream when using detachable spirals without assisting techniques are the dimensions of its neck in the

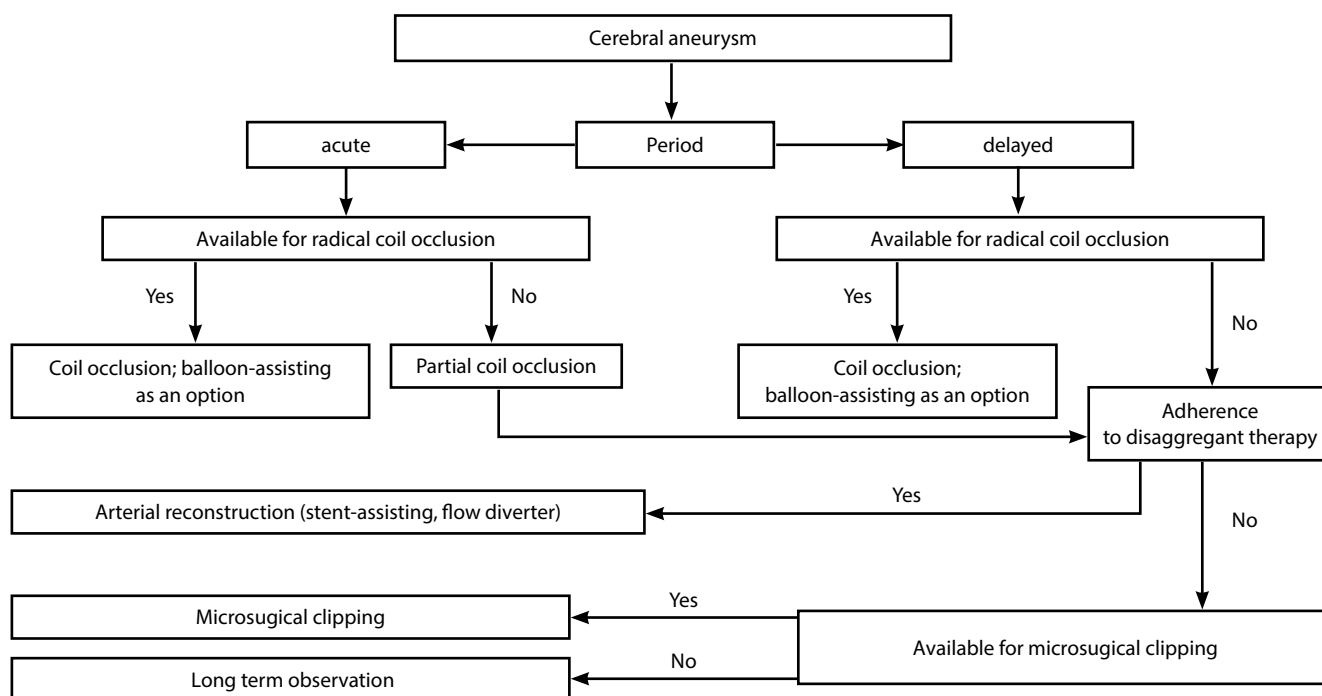


Fig. 5. Algorithm of differential selection of patients for endovascular treatment

range from 3 to 6 mm and usual (4–15 mm) dimensions ($p < 0.005$).

According to results of study of effectiveness of balloon assistance in occlusion of cerebral aneurysms, this technique allows achieving a primary radical shutdown of the aneurysm from bloodstream in 69.4% of cases [22]. According to our data on use of the balloon-assist technique, the total shutdown from the bloodstream was achieved in 24 (58.5%) cases out of 41, the subtotal one – in 15 (36.6%) cases and partial – in 2 (4.9%) cases. The results obtained showed a lower effectiveness of the technique when compared with the data published in literature that may be explained by peculiarities of selection of patients for treatment since this group also included patients with contraindications for combined use of double disaggregant therapy and stenting techniques which did not always allow to achieve total aneurysm occlusion.

According to our data, the unfavorable factors preventing achievement of aneurysm total occlusion by detachable spirals with balloon assistance include its neck size of more than 6 mm and large (15–25 mm) aneurysm size ($p < 0.005$); also, the favorable ones are the neck sizes in the range of 3–6 mm and usual size (4–15 mm) of aneurysm ($p < 0.005$). M.M. Balaguruswamy et al. came to similar conclusions in 2021 pointing out low efficiency of using the balloon for large and giant aneurysms with wide neck [23].

Modern publications have noted high efficacy of using stent assistance for occlusion of cerebral aneurysms. So, according data by B.J. Daou et al. [24] and H. Luecking et al. [25], the use of this technique made it possible to achieve primary total aneurysm occlusion in 51.9–81.8% of cases. In our series of operations, stent assistance made it possible to achieve total shutdown of the aneurysm from bloodstream in 44 (68.8%) cases out of 64, subtotal – in 10 (15.6%) cases and partial – in 10 (15.6%) cases, the outcomes were comparable with the results of previous studies.

It should be noted an increase in primary radicality of surgical treatment aimed at turning off the aneurysm from bloodstream using assisting techniques (OR = 1.726; 95% CI 0.917–3.251; $p < 0.05$). At the same time, stent-assistance has higher rates of radicality as compared with the group without assisting techniques (68.8 and 51.6%, respectively; OR = 2.067; 95% CI 1.005–4.250; $p < 0.05$). The best radicality of occlusion when using stent assistance was demonstrated by aneurysms with a neck size of 3–6 mm (77.8%) ($p = 0.048$), that is better than the results obtained when only spirals (61.1%) and balloon assistance (65.5%) were used. The unfavorable result on radicality was also confirmed by us in the group of aneurysms with a wide neck – the partial occlusion of aneurysms in this group reached 31.2% ($p = 0.048$).

A complete reconstruction of the vessel carrying the aneurysm can be achieved by using a flow diverter stent. According to publication by W.A. Florez et al., this technique makes it possible to remodel a parent artery in 80.4% of cases, however, complete shutdown of the aneu-

rysm from bloodstream occurs delayed due to slowing of blood flow in the aneurysm sac and its gradual thrombosis [26]. In our series, the 26 patients underwent installation of flow diverter stent. In all cases of using this technique, the blood flow in the aneurysm sac was slowed down with artery remodeling (class IVA according to CSC), the outcome that is fully matching the published data on the use of this category of stents.

The need for postoperative monitoring after surgical treatment of aneurysm was first reported in 1965 by McKissok, who revealed a recurrence of an aneurysm of the middle cerebral artery in a patient who died from repeated intracranial hemorrhage. Also, the need for angiographic control was reported in the monograph of A.N. Konovalov “Surgical treatment of arterial aneurysms of the brain” [27].

Studying long-term angiographic results of endovascular occlusion of aneurysms by detachable spirals during the international randomized trial Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT), R.F. Spetzler et al. came to disappointing conclusion that 10 years after surgery, only 22% of aneurysms retained a stable radical occlusion result [28]. Our series of 64 cases of aneurysms operated using isolated occlusion with detachable spirals demonstrated stable angiographic results in 49.9% of cases, which significantly exceeds the published results, but assumes necessity to continue the angiographic control.

According to K. Aydin et al., the use of balloon assistance contributes not only to increase in primary radicality of occlusion but also to preservation of stable angiographic result in the long-term postoperative period [29]. Our data demonstrate stable angiographic result of occlusion of 41 cerebral aneurysms in 54.1% of cases, the portion is slightly higher than that obtained with isolated occlusion by detachable spirals.

According to J. Kim et al., stent assistance have demonstrated the best stability of the angiographic result among the aneurysm occluding techniques [30]. According to G. Xue et al., in patients operated with stent assistance, the long-term angiographic result may differ significantly from the postoperative one: it was noted that with initially total occlusion of 21.7% of aneurysms, in the long-term period total occlusion was already demonstrated by 87% [31] ones. According to our data, the use of this technique shows a stable angiographic result in 65.9% of observations, which is consistent with information from similar studies.

The data from our study have demonstrated that the result of aneurysm occlusion may be unstable, while the radicality of occlusion may both increase due to thrombosis of aneurysms with initially incomplete occlusion and decrease due to formation of recurrence. According to our data, in the long-term postoperative period an increase in radicality of occlusion due to delayed thrombosis of sac of an initially non-radially switched-off aneurysm was noted in 24.8% cases when using isolated occlusion with detachable spirals, in 19.8% cases with balloon assistance and in 18.1% cases with stent assistance.

The recurrence (or unstable occlusion) of aneurysm is defined by J. V. Byrne et al. as increase in amount of contrast agent filling the aneurysm relative to angiographic type of aneurysm at the end of treatment. They also have suggested that aneurysm recurrence may occur as a result of subtotal occlusion of aneurysm or compaction of spiral complex that raises concerns about ability of this technique to protect against continued aneurysm growth and repeated hemorrhage [32].

The analysis of literary sources have allowed us to compare our own results with the data of other researchers. So, in 1998, C. Cognard et al. have reported about 19% of recurrences after isolated occlusion of aneurysms by detachable spirals [8], R.A. Willinsky et al. in 2009 – about 20.3% [33] and J.R. Vanzin et al. in 2012 – about 26.8% [11]. According to our data, the probability of aneurysm recurrence after its isolated spiral occlusion can reach 13.1% as early as 6 months after surgical treatment, 31.7% – after 12 months and 22.3% – after 36 months, which is an average of 22.5% ($p < 0.05$).

When aneurysm is occluded by spirals using the balloon-assisted technique, aneurysm recurrence may occur in 16.2% of cases 6 months after surgical treatment, in 31.3% after 12 months and 30.8% after 36 months, this is an average of 26.1%. The higher frequency of recurrence formation in this group may be explained by the peculiarities of selection of patients for this type of intervention, complex anatomico-topographic and morphometric features of the aneurysm, as well as the inability to reconstruct the vessel carrying the aneurysm (lack of adherence to regular use of disaggregant therapy, presence of contraindications to its reception).

The use of stent assistance is accompanied by a lower percentage of recurrence – 12.5% after 6 months, 12.2% – after 12 months, 7.7% – after 36 months, which is an average of 10.8%. When using flow diverter stents, there is the lowest risk of recurrence, while monitoring the degree of aneurysm occlusion is required to assess the effectiveness of the treatment after cancellation of double disaggregant therapy. The delayed mechanism of occlusion with this method is achieved by diverting the blood flow from the aneurysm sac followed by formation of blood clot in it. In addition, the implanted stent serves as a matrix for further endothelialization which eventually leads to complete remodeling of the artery lumen.

When analyzing the anatomico-topographic and morphometric characteristics of aneurysms, it was the large (15–25 mm) size of the aneurysm that turned out to be a statistically significant risk factor for recurrence increasing it by 1.75 times ($p = 0.043$) as compared with smaller aneurysms. At the same time, it was found that the height of the

aneurysm less than 6 mm significantly reduces the risk of recurrence by 1.85 times ($p = 0.024$).

Our analysis of long-term angiographic results, depending on the method of endovascular treatment used, showed that risk of aneurysm recurrence is 1.83 times higher when using detachable spirals without the use of assisting techniques ($p = 0.028$), which is supported by the information from the world literature [19, 34], and also 2.03 times higher ($p = 0.011$) if the radicality that has been achieved corresponded to Class II according to RROC at the end of operation. According to J. Raymond et al., gender, age and localization of the aneurysm are not significant for the aneurysm recurrence; while during the aneurysm treatment in acute phase of hemorrhage, its large size and wide neck as well as initially incomplete shutdown of the aneurysm from bloodstream may be associated with recurrence. In their work, the authors also identified 2 main types of recurrence – large and small, based on the size of the aneurysm part that was filled with contrast [18].

The classification of recurrent cerebral aneurysms developed and proposed by us after endovascular interventions includes the previously proposed by J. Raymond et al. the degrees of recurrence and also specifies timing of formation, type, cause and nature of the clinical course of recurrence. Based on the predictors of recurrence formation identified by us, namely – use of isolated aneurysm occlusion with detachable spirals ($p = 0.028$), subtotal aneurysm occlusion of class II according to RROC ($p = 0.011$), large (15–25 mm) aneurysm size ($p = 0.043$), – the 2 algorithms were formulated: 1) the choice of optimal method of endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms and 2) the differentiated approach to choice of method for surgical intervention in case of cerebral aneurysm recurrence.

In spite of development of endovascular neuroradiology, today none of the available methods of endovascular intervention can reliably guarantee a complete stable cure of a particular patient due to possibility of aneurysm recurrence [35, 36]. Therefore, such topical issues as optimal primary choice of the endovascular intervention type as well as need to optimize or even develop a new personalized approach to endovascular treatment of cerebral aneurysms come to the fore [37, 38].

CONCLUSION

The use of the algorithms developed and proposed by us will contribute to optimization of endovascular treatment of patients with cerebral aneurysms, minimizing risks of their recurrence, reducing risks of recurrent subarachnoid hemorrhage in the long-term postoperative period, as well as the need for repeated surgical intervention.

REFERENCES

1. Brisman J.L., Song J.K., Newell D.W. Cerebral aneurysms. *N Engl J Med* 2006;355(9):928–39. DOI: 10.1056/nejmra052760
2. Surgery for cerebral aneurysm: in 3 v. V. 2 / Ed. by V.V. Krylov. Moscow: T.A. Alekseeva, 2011. 432 p. (In Russ.).
3. Zubkov Y.N., Nikiforov B.M., Shustin V.A. Balloon catheter technique for dilatation of constricted cerebral arteries after aneurysmal SAH. *Acta Neurochir (Wien)* 1984;70(1–2):65–79. DOI: 10.1007/bf01406044
4. Fiorella D., Albuquerque F.C., Han P. et al. Preliminary experience using the Neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms. *Neurosurgery* 2004;54(1):6–16. DOI: 10.1227/01.neu.0000097194.35781.ea
5. Zhang L., Chen X., Dong L. et al. Clinical and angiographic outcomes after stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with laser-cut and braided stents: a comparative analysis of the literatures. *Front Neurol* 2021;29(12):666481. DOI: 10.3389/fneur.2021.666481
6. 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
7. Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M. et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg* 2015;123(3):609–17. DOI: 10.3171/2014.9.JNS141749
8. Cognard C., Weill A., Castaings L. et al. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology* 1998;206(2):499–510. DOI: 10.1148/radiology.206.2.9457205
9. Gallas S., Pasco A., Cottier J.P. et al. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26(7):1723–31. PMID: 16091521
10. Aikawa H., Kazekawa K., Nagata S. et al. Rebleeding after endovascular embolization of ruptured cerebral aneurysms. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2007;47(10):439–45;disc. 446–7. DOI: 10.2176/nmc.47.439
11. Vanzin J.R., Mounayer C., Abud D.G. et al. Angiographic results in intracranial aneurysms treated with inert platinum coils. *Interv Neuroradiol* 2012;18(4):391–400. DOI: 10.1177/159101991201800405
12. Schaafsma J.D., Sprengers M.E., van Rooij W.J. et al. Long-term recurrent subarachnoid hemorrhage after adequate coiling *versus* clipping of ruptured intracranial aneurysms. *Stroke* 2009;40(5):1758–63. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.524751
13. Cho Y.D., Lee J.Y., Seo J.H. et al. Early recurrent hemorrhage after coil embolization in ruptured intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 2012;54(7):719–26. DOI: 10.1007/s00234-011-0950-3
14. Ando K., Hasegawa H., Suzuki T. et al. Delayed bleeding of unruptured intracranial aneurysms after coil embolization: a retrospective case series. *World Neurosurg* 2021;149:e135–e145. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.02.061
15. Jakubowski J., Kendall B. Coincidental aneurysms with tumours of pituitary origin. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978;41(11):972–9. DOI: 10.1136/jnnp.41.11.972
16. Connolly E.S. Jr, Solomon R.A. Management of symptomatic and asymptomatic unruptured aneurysms. *Neurosurg Clin N Am* 1998;9(3):509–24. PMID: 9668183
17. Ajiboye N., Chalouhi N., Starke R.M. Unruptured cerebral aneurysms: evaluation and management. *ScientificWorldJournal* 2015;2015:954954. DOI: 10.1155/2015/954954
18. Raymond J., Guilbert F., Weill A. et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003;34(6):1398–403. DOI: 10.1161/01.STR.0000073841.88563.E9
19. Bracard S., Barbier C., Derelle A.L., Anxionnat R. Endovascular treatment of aneurysms: pre, intra and post operative management. *Eur J Radiol* 2013;82(10):1633–7. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.02.012
20. Pierot L., Barbe C., Thierry A. et al. Patient and aneurysm factors associated with aneurysm recanalization after coiling. *J Neurointerv Surg* 2022;14(11):1096–101. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017972
21. Debrun G.M., Aletich V.A., Kehrli P. Aneurysm geometry: an important criterion in selecting patients for Guglielmi detachable coiling. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1998;38(Suppl 1):1–20. DOI: 10.2176/nmc.38.suppl_1
22. Taqi M.A., Quadri S.A., Puri A.S. et al. A prospective multicenter trial of the transform occlusion balloon catheter: trial design and results. *Interv Neurol* 2018;7(1–2):53–64. DOI: 10.1159/000481518
23. Balaguruswamy M.M., Mohamed E., Vijayan K. et al. Balloon-assistance for the transcirculation access of a remodeling balloon for coiling of wide-necked aneurysms: report of two cases. *Neurointervention* 2021;16(2):165–70. DOI: 10.5469/neuroint.2020.00367
24. Daou B.J., Palmateer G., Linzey J.R. et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms: Head to head comparison between the Neuroform Atlas and EZ stents. *Interv Neuroradiol* 2021;27(3):353–61. DOI: 10.1177/1591019921989476
25. Luecking H., Struffert T., Goelitz P. et al. Stent-Assisted Coiling Using Leo+ Baby Stent: immediate and mid-term results. *Clin Neuroradiol* 2021;31(2):409–16. DOI: 10.1007/s00062-020-00904-3
26. Florez W.A., Garcia-Ballesteras E., Quiñones-Ossa G.A. et al. Silk® Flow diverter device for intracranial aneurysm treatment: a systematic review and meta-analysis. *Neurointervention* 2021;16(3):222–31. DOI: 10.5469/neuroint.2021.00234
27. Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Historical aspects of surgical treatment of cerebral aneurysms. P. I. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova =Russian Journal of Neurosurgery 2020;12(1):S.5–11. (In Russ.).
28. 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
29. Aydin K., Stracke P., Berdikhojajev M. et al. Safety, efficacy, and durability of stent plus balloon-assisted coiling for the treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms. *Neurosurgery* 2021;88(5):1028–37. DOI: 10.1093/neuros/nyaa590
30. Kim J., Han H.J., Lee W. et al. Safety and efficacy of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms using low-profile stents in small parent arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* 2021;42(9):1621–6. DOI: 10.3174/ajnr.A7196
31. Xue G., Tang H., Liu P. et al. Safety and Long-term efficacy of stent-assisted coiling for the treatment of complex posterior cerebral artery aneurysms. *Clin Neuroradiol* 2021;31(1):89–97. DOI: 10.1007/s00062-019-00825-w
32. Byrne J.V., Sohn M.J., Molyneux A.J., Chir B. Five-year experience in using coil embolization for ruptured intracranial aneurysms: outcomes and incidence of late rebleeding. *J Neurosurg* 1999;90(4):656–63. DOI: 10.3171/jns.1999.90.4.0656
33. Willinsky R.A., Peltz J., da Costa L. et al. Clinical and angiographic follow-up of ruptured intracranial aneurysms treated with endovascular embolization. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(5):1035–40. DOI: 10.3174/ajnr.A1488
34. Fingerlin T.J., Rycken J., Roethlisberger M. et al. Long-term aneurysm recurrence and *de novo* aneurysm formation after surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: a cohort study and systematic review. *Neurol Res* 2020;42(4):338–45. DOI: 10.1080/01616412.2020.1726587
35. Bobinov V.V., Petrov A.E., Rozhchenko L.V. et al. Microsurgical treatment of a patient with recurrent anterior communicating artery aneurysm after endovascular spiral occlusion. A case report.

Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya =Modern problems of science and education 2021;3:192. DOI: 10.17513/spno.30693

36. Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Reconstruction of an artery with a flow-diverter as a method of treatment of recurrence of internal carotid artery aneurysm: case report. Rossijskij neiroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova =Russian Journal of Neurosurgery 2021;13(3):41–5. (In Russ.).

37. Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. Immediate and long-term results of endovascular occlusion of cerebral aneurysms with detachable coils. Rossijskij neiroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova =Russian Journal of Neurosurgery 2022;14(2):29–36. (In Russ.).
38. Rozhchenko L.V., Bobinov V.V., Petrov A.E. et al. Cellular, genetic and epigenetic mechanisms of cerebral aneurysm growth. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya =Modern problems of science and education 2021;2:186–95. (In Russ.).

Author's contribution

V.V. Bobinov: neurosurgical treatment, writing and scientific editing of the article;
A.E. Petrov, S.A. Goroshchenko: neurosurgical treatment, writing and scientific editing of the article;
E.G. Kolomin, N.K. Samochernikh, N.Y. Tukanov: collecting and processing data to write the article;
L.V. Rozhenchenko, K.A. Samochernikh: scientific editing of the article.

ORCID of authors

V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>
A.E. Petrov: <https://orcid.org/0000-0002-3112-6584>
S.A. Goroshchenko: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3213>
E.G. Kolomin: <https://orcid.org/0000-0002-3904-2393>
N.K. Samochernikh: <https://orcid.org/0000-0002-6138-3055>
N.Y. Tukanov: <https://orcid.org/0000-0001-9948-3433>
L.V. Rozhenchenko: <https://orcid.org/0000-0002-0974-460X>
K.A. Samochernikh: <https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

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

Financing. The study was performed without external funding.

Compliance with patients rights and principles of bioethics

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

VIDEO-ASSISTED THORACOSCOPIC TREATMENT OF DISCOGENIC THORACIC MYELOPATHY

Yu. E. Kubetsky^{1,2}, E. D. Anisimov^{1,2}, R. V. Khalepa^{1,3}, E. A. Loparev¹, D. A. Rzaev¹⁻³, E. V. Amelina², V. V. Kelmakov¹

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

²Novosibirsk State University, Ministry of Education and Science of Russia; 1, Pirogova St., Novosibirsk 630090, Russia;

³Novosibirsk State Medical University, Ministry of Health of Russia; 52, Krasny Ave., Novosibirsk 630091, Russia

Contacts: Egor Dmitrievich Anisimov anisimovegor97@gmail.com

Background. Clinically significant herniated intervertebral discs in the thoracic spine are quite rare, and the tactics of surgical treatment of patients with this pathology remains debatable. The thoracoscopic technique has a number of advantages such as shorter hospitalization period and less pronounced pain syndrome in the area of surgical intervention as compared to the standard intervention via posterior surgical access.

Aim. To evaluate the results of videothoracoscopic treatment of patients with discogenic thoracic myelopathy.

Material and methods. The article presents results of treatment of 21 patients hospitalized in the Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk). According to results of examination, the patients were divided into 2 groups: with mild (10 patients) or ossified (11 patients) hernias. Each patient underwent video-assisted thoracoscopic microdiscectomy. The median follow-up was 29 (4 to 72) months.

Results. At the time of discharge, 18 (85.7 %) patients had no deterioration in their neurological status, 2 (9.5 %) had positive dynamics in the form of decrease in degree of hypertonicity and degree of lower paraparesis, 1 (4.75 %) had some deterioration in the status. A satisfactory result of the treatment in the late postoperative period was achieved in 14 (66.7 %) patients.

Conclusion. Video-assisted thoracoscopic surgery appears to be an effective and fairly safe method of surgical treatment of patients with discogenic thoracic myelopathy.

Keywords: intervertebral disc herniation, thoracic myelopathy, videothoracoscopy

For citation: Kubetsky Yu. E., Anisimov E. D., Halepa R. V. et al. Video-assisted thoracoscopic treatment of discogenic thoracic myelopathy. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):28–40. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-28-40

INTRODUCTION

Herniated thoracic intervertebral disc (HTD) is a rare disease. According to statistics, clinically significant HTD account for 1.5–4 % of all herniated discs diagnosis [1]. Surgical operations for the treatment of HTD include both open techniques and video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) [2]. The thoracoscopic technique of removing HTD was first described by R. J. Lewis et al. in 1991 [3]. A number of studies have further shown such advantages of endoscopic techniques as shorter hospitalization period and less pronounced pain syndrome in the area of surgery as compared with the standard posterior surgery [4–6]. The tactics of surgical treatment of this group of patients continues to be discussed due to relative rarity of clinically significant HTD as well as severity of the course of thoracic myelopathy in this disease. Our study retrospectively evaluated the results of surgical treatment of HTD in patients with manifestations of thoracic myelopathy who had been operated with the use of video endoscopic transthoracic

technique and analyzed the possible causes of complications in the early postoperative period and in the catamenesis.

The aim of the study was to evaluate the results of video-thoracoscopic treatment of patients with discogenic thoracic myelopathy.

MATERIALS AND METHODS

Twenty-one video-assisted thoracoscopic operations were performed at the Federal Center for Neurosurgery of the Ministry of Health of Russia (Novosibirsk) from 2015 to 2021. The group of patients included 11 women and 10 men; the average age was 54.7 years (from 33 to 79 years). Each patient underwent a neurological examination the day before surgery, on the 1st day after surgery and in the catamenesis. To diagnose hernias and changes in the spinal cord before surgery, the examinations performed included multispinal computed tomography (MSCT) of the thoracic spine (TS) and lungs, magnetic resonance imaging (MRI)

and radiography of the TS in direct and lateral projections with functional tests. In the early postoperative period, all patients underwent MSCT and MRI of TS to evaluate results of the surgery (Fig. 1).

THE STUDY DESIGN

The criterion for inclusion in the study was presence (according to MSCT and MRI) of clinically significant HTD with development of spinal canal stenosis and spondylogenic thoracic myelopathy, the exclusion criteria were the presence of 5 or more scores according to the White and Panjabi criteria of instability, scoliotic deformity, traumatic spinal injury, diseases of the chest and infectious diseases. Taking into account the fact that most of the HTD have signs of calcification and ossification, and this, in turn, may complicate the main stage of surgery, the patients were divided according to MSCT into 2 groups: with mild (10 patients) and ossified (11 patients) hernias. Signs of ossification were recognized as increase in density of the hernial fragment up to 150–200 HU (according to MSCT) [7].

SURGICAL TECHNIQUE

The VATS technique remained unchanged in all patients in the study and was performed according to the recommendations presented in publication “Video endoscopic surgery of injuries and diseases of the thoracic and lumbar spine” (edited by V.V. Krylov) [8].

Each surgical intervention was performed with the patient being in lateral position. In transthoracic surgery anesthesia measures need a single-lung intubation. When choosing the side of thoracoscopic access, it is necessary to take into account the anatomical relationship of the aorta and spine as well as presence of liver in the right hypochondrium. Thus, it is safer to choose the right – sided approach for access to the Th2–Th8 vertebrae, and the left-sided approach for Th9–Th12.

Marking over the affected intervertebral disc was made under X-ray control with the help of an electron-optical converter. After that, the following working ports were installed: 1st – above the level of the affected intervertebral disc (for the working tool), 2nd – anteriorly from the 1st port at a distance of about 8 cm (for the endoscope) and 3rd – along the anteropodmuscular line 2 intercostals higher (for the aspirator). Next, the parietal pleura was dissected 3 cm distal from the medial edge of the rib head to the middle of vertebral body, retreating cranially and caudally from the disc edge by 1 cm (Fig. 2, *a*). At the next stage of operation, the rib head was resected to expose the intervertebral foramen and visualize the dura mater (DM) and hernial protrusion (Fig. 2, *b* and *c*). A dural hook and pliers were used to isolate and remove a herniated intervertebral disc (Fig. 2, *d*). The criterion for completion of the operation main stage was the absence of visible fragments of herniated intervertebral disc in the field of view, straightening and pulsation



Fig. 1. Visualization of a herniated thoracic intervertebral disc at the stage of planning before the operation and evaluation of postoperative results: *a, b* – magnetic resonance imaging (MRI) of the thoracic spine (TS) and multislice computed tomography (MSCT) of the TS before surgery, demonstrating median calcified herniated intervertebral disc at the level of Th9–Th10 vertebrae; *c, d* – MRI and MSCT of the TS after VATS

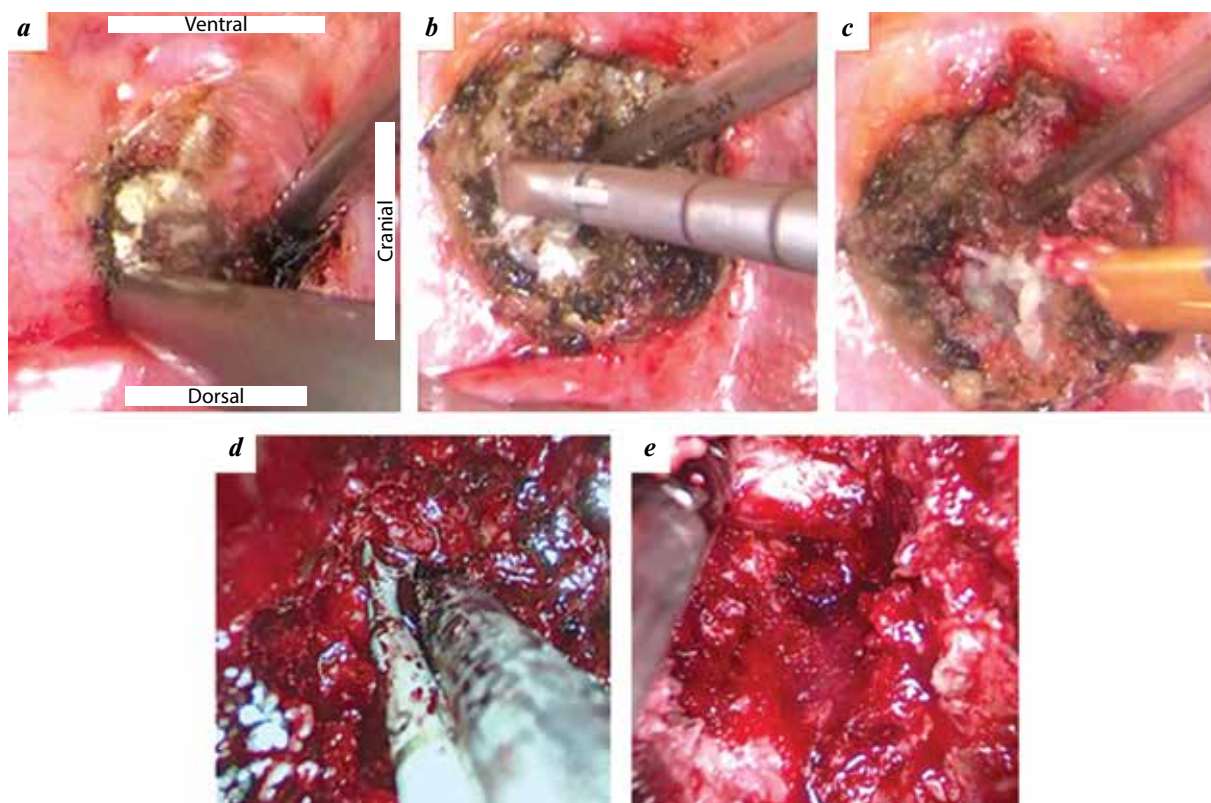


Fig. 2. Stages of video-assisted thoracoscopic surgery: *a* – opening of the parietal pleura (orientation is given relative to the patient's position); *b* – removal of the head of the rib; *c* – discectomy; *d* – removal of a herniated intervertebral disc; *e* – the final result of decompression: in the upper part of the image there is an expanded dural sac without signs of compression.

of the DM (Fig. 2, *e*). The next stage of the operation was hemostasis. A tubular single-light drainage was installed under the control of an endoscope in the pleural cavity at the level of 9th–10th intercostal space. After that, the trocars were removed and layer-by-layer suturing of the wound and straightening of the collapsed lung were performed.

STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analysis was performed using the R software version 4.1.0 [9]. The data is presented as the mean/median (interquartile range). The two-tailed Wilcoxon test was used, and to compare the indicators to compare the measures taken before and after surgery. The two-tailed Mann–Whitney test and Fisher exact probability test were used to compare data from types of HTD. P equal to 0.05 was taken as the level of statistical significance.

The data in the paper are presented in the form of box-plot diagram where were indicated the median, interquartile range, the largest/smallest value of the sample which were within the 1.5 values of the interquartile range. The initial data is reflected in the diagram with small corrections that were made for better visualization.

EVALUATION CRITERIA

To assess the preoperative condition of patients and the results of surgical treatment, the Frankel grade neurological

status assessment scale with 5 functional groups (from A to E) and the Ashworth 4-score spasticity scale were used.

To assess the patient's difficulty in walking, the Nurick scale of assessment of the degree of disability was used (for statistical analysis, the scores from 0 to 5 of the Nurick scale were used), to determine the severity of clinical symptoms of myelopathy – the 17-score modified Japanese Orthopedic Association (mJOA) and the 18-score European Myelopathy Scale (EMS). The scales were evaluated three times: the day before the operation, the 1st day after the operation and at time of discharge from the hospital. A dynamic monitoring of clinical condition of patients was thereafter carried out in periods of 6, 12 months or more. The average follow-up period after the intervention was 29 months (from 4 to 72).

RESULTS

Clinical evolution

All patients during preoperative period had manifestations of thoracic myelopathy in the clinical evolution, including lower paraparesis, hypertonus and hyperreflexia of the lower extremities and impaired pelvic organ function. The time between appearance of the 1st symptoms of the disease and the diagnosis was on average 1.9 years. In 4 (19 %) patients, the 1st sign of the disease was pain in the thoracic spine and only over time symptoms of thoracic myelopathy

appeared; the remaining 17 (81 %) patients initially developed symptoms of thoracic myelopathy in the form of lower paraparesis. At the time of hospitalization, most patients had several clinical manifestations of the disease (Fig. 3).

According to the Ashworth spasticity scale, there were no changes in muscle tone in 4 (19 %) patients, in 6 patients the changes corresponded to 1 score, in 9 patients – to 2 scores, in 2 patients the hypertonus was diagnosed (3 scores). Nine (42.9 %) patients reported symptoms of pelvic organ dysfunction. Neurological deficit on the Frankel scale during preoperative period ranged from B to D: in 2 (9.5 %) patients it corresponded to grade B, in 6 (28.6 %) – to grade C and in 13 (61.9 %) – to grade D. The severity of thoracic myelopathy was determined in all patients according to the mJOA scale: the average value was 12.3 scores (data ranged from 9 to 16), and according to the EMS scale – 13.5 (from 10 to 16). Before the intervention, each patient had difficulty during walking: the average value on the Nurick scale was 2.8 scores.

The level of HTD most often corresponded to Th10–Th11 and Th11–Th12 intervertebral discs: 10 (47.6 %) patients. The distribution of patients by HTD level is shown in Fig. 4.

In 17 patients, the HTD had a median location, in 2 – lateralization to the left and in 2 – to the right. According to results of MSCT and MRI of TS, the soft herniated intervertebral disc was detected in 10 cases, the ossified – in 11 cases.

In 7 (38.2 %) patients, degenerative lesions of other spine parts were noted, in the anamnesis of 1 (4.8 %) patient, an intervention for an intramedullary tumor of the

cervical spinal cord was performed earlier (15 years before this operation). According to the neurological examination data, the existing neurological deficit in all patients corresponded to the level of HTD.

After dividing the patients into groups with soft and ossified hernias (Table 1) a statistically significant age difference was detected: in patients with mild hernias the age at the time of surgery was greater ($p = 0.041$). No other demographic differences were found between the groups.

In addition, it was revealed that these groups have a statistically significant difference from each other in the initial values according to the mJOA, EMS and Nurick scales ($p < 0.05$). The neurological status of patients with mild hernias was initially heavier than that of patients with ossified hernias (Table 2).

Intraoperative data

The average operation duration was 220/205 (170; 255) min (range 130–480 min), blood loss was 506/350 (150; 900) ml (range 20–1700 ml). In cases of transthoracic removal of ossified hernias of the thoracic spine blood loss was statistically significantly greater ($p = 0.006$). In 2 cases with blood loss of 1700 and 1000 ml hemotransfusion was required.

Unintentional durotomy occurred during 2 operations which required plastic surgery and installation of lumbar drainage.

Clinical evolution in the early postoperative period

When evaluating the results of the operation, it was revealed that early postoperative period had a certain

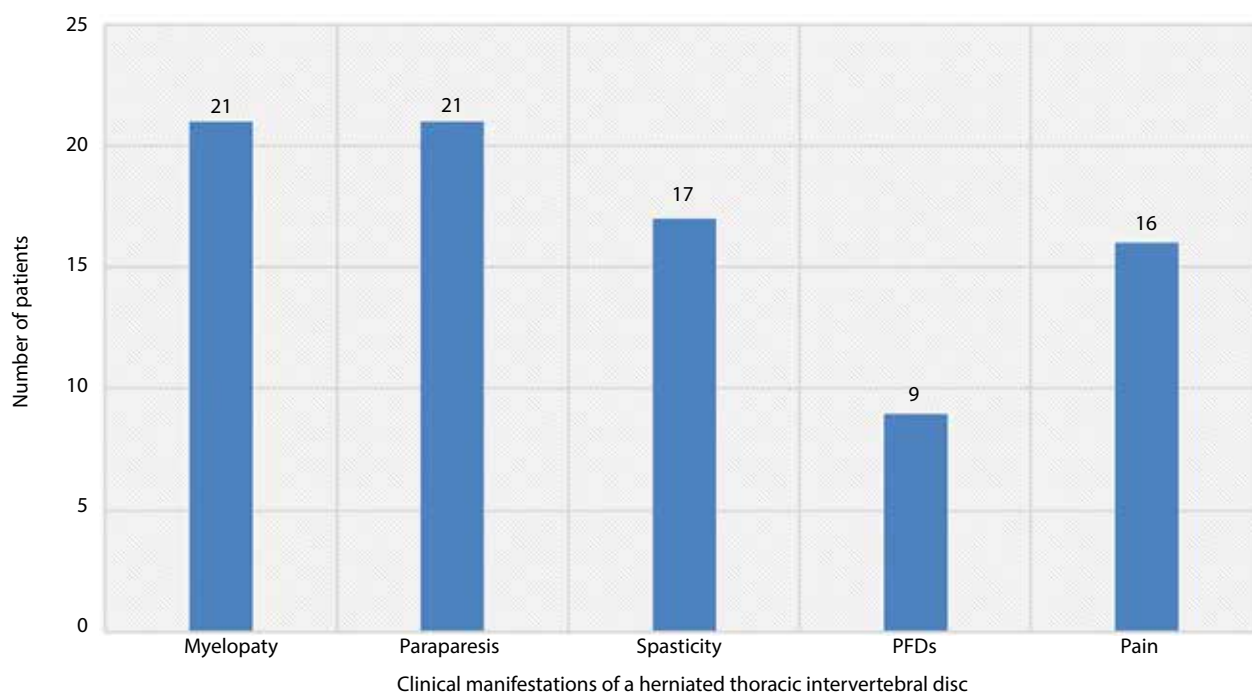
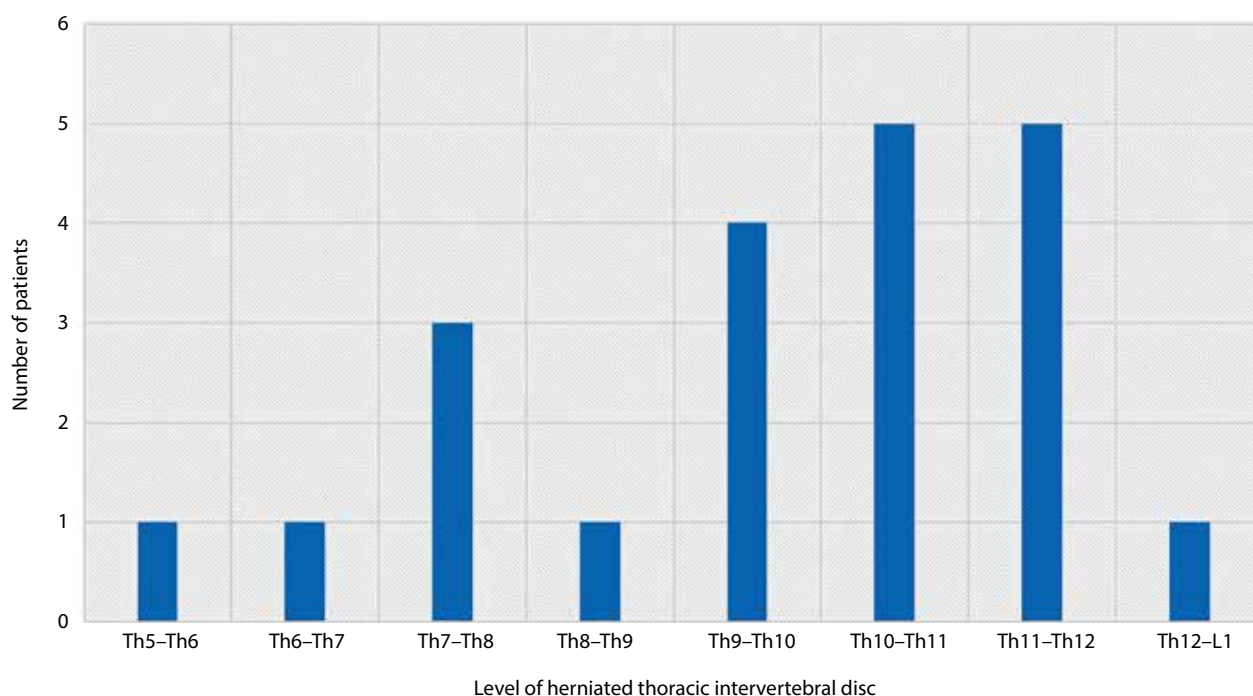


Fig. 3. Clinical manifestations of Hernia of the thoracic intervertebral disc in patients at the time of hospitalization. Abbreviation: PFDs – violation of pelvic organ function

Table 1. Data on patients in groups with soft and ossified hernias of the thoracic intervertebral disc

Patients data	Hernia of the thoracic intervertebral disc	
	soft	ossified
Age, years	61/59 (54; 64.8)*	49/48 (42; 57)*
Duration of the operation, min	203/205 (160; 242.5)	236/220 (177.5; 262.5)
Blood loss, ml	242/125 (50; 300)	746/700 (350; 1000)
Blood transfusion, abs./%	—	2/18
Duration of hospitalization, days	11.4/11 (8.5; 11.8)	11/10 (7.5; 13)
Time from symptom onset to surgery, years	1.7/1.0 (1; 2)	2.1/2.0 (1.0; 2.5)
Presence of degenerative lesions in other parts of the spine, abs./%	3/30	5/45
Follow-up, years	1.7/1.5 (1.0; 2.8)	3.1/3 (2; 4)

*Here and further in Tables 2–5, the values of the median/interquartile range are given (in parentheses – the minimum; maximum value of the sample).

**Fig. 4.** Distribution of patients according to the level of a herniated thoracic intervertebral disc

pattern: the deterioration of neurological status of patients developed in the 1st days after the operation and then by the time of discharge a return to the initial state was noted. During the 1st days after surgery, there was a slight decrease in values of mJOA scale to 13/14 (12; 15) and at time of discharge – a return to the preoperative state to 13.3/14 (12; 15) (Table 3, Fig. 5).

We obtained similar results in the EMS assessment: in the early postoperative period there was a deterioration to 14/15 (12; 16) followed by a recovery of indicators to values of 14.2/15 (13; 16) by the time when the patient was discharged from hospital (Fig. 6, see Table 3)

Complications in the early postoperative period

Complications occurred in 7 (33.3 %) patients in the early postoperative period. Two (9.5 %) patients developed hydrothorax, 1 (4.8 %) – tense pneumothorax, 3 (14.2 %) – acute infection of the lower urinary tract, 1 (4.8 %) – thrombosis of the veins of the lower extremities.

Postoperative deterioration of neurological status occurred in 1 (4.8 %) patient with ossified median hernia at the level of Th10 – Th11 intervertebral disc. The preoperative neurological status of the patient corresponded to moderate severity (13 scores of mJOA and 15 scores of EMS). Intraoperatively, the blood loss in this patient was

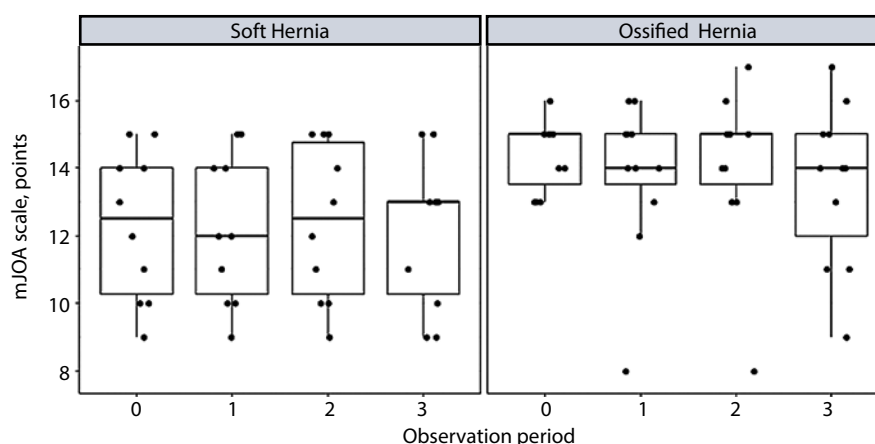
Table 2. Data on the clinical condition of patients in groups with soft and ossified hernias before the operation

Methods for assessing the clinical condition of patients	Hernia of the thoracic intervertebral disc		Value <i>p</i>
	soft	ossified	
mJOA scale, points	12.3/12.5 (10.2; 14)	14.4/15 (13.5; 15)	0.030
EMS, points	13.5/13.5 (12; 15)	15.2/15 (15; 16)	0.047
Ashworth scale, points	1.7/2 (1.2; 2)	1.2/1 (1; 2)	0.180
Nurick scale, points	3.4/4 (2.2; 4)	2.2/2 (2; 2)	0.007
Pelvic floor dysfunction, number of patients	6	3	0.198

Abbreviations (here and in Tables 3–5): mJOA (modified Japanese Orthopedic Association Score) – modified scale of the Japanese Orthopedic Association; EMS (European myelopathy score) – European scale of myelopathy.

Table 3. Evaluation of the results of treatment in different periods of observation

Methods for assessing the clinical condition of patients	Before surgery	After the operation on the 1 st day	Upon discharge from the hospital	At the follow-up
mJOA scale, points	13.4/14 (13; 15)	13/14 (12; 15)	13.3/14 (12; 15)	12.9/13 (11; 15)
EMS, points	14.4/15 (13; 16)	14/15 (12; 16)	14.2/15 (13; 16)	13.9/14 (12; 16)
Ashworth scale, points	1.4/2 (1; 2)	1.4/2 (1; 2)	1.2/1 (1; 2)	1/1 (0; 1)
Nurick scale, points	2.8/2 (2; 4)	3.1/3 (2; 4)	3/2 (2; 4)	3.1/3 (2; 4)

**Fig. 5.** Dynamics of myelopathy manifestations in patients according to the modified scale of the Japanese Orthopedic Association (mJOA). Observation periods: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

1000 ml, and an unintentional durotomy occurred during the operation which required the installation of lumbar drainage. On the 1st day after surgery, the patient had increase in lower paraparesis to 2 scores (8 scores of mJOA and 11 scores of EMS). According to results of control examinations, positive dynamics was noted but by the present time (the period of catamnesis is 12 months), the neurological deficit has not recovered to its initial status and amounted to 9 scores of mJOA and 12 scores of EMS.

At the time of discharge, 18 (85.7 %) patients had no deterioration in the neurological status as compared to the preoperative one and 2 (9.5 %) patients had positive

dynamics seen as decrease in degree of hypertension and degree of lower paraparesis. The condition of all patients at the time of discharge did not change significantly and corresponded the Frankel scale grade B in 2 (9.6 %) patients, grade C in 5 (23.8 %) and grade D in 14 (66.6 %) (Fig. 7).

Clinical evolution in the late postoperative period

When examining patients in the catamnesis, a statistically significant improvement in their condition was noted seem as decrease in degree of spasticity in the limbs according the Ashworth scale ($p < 0.05$): at baseline the score

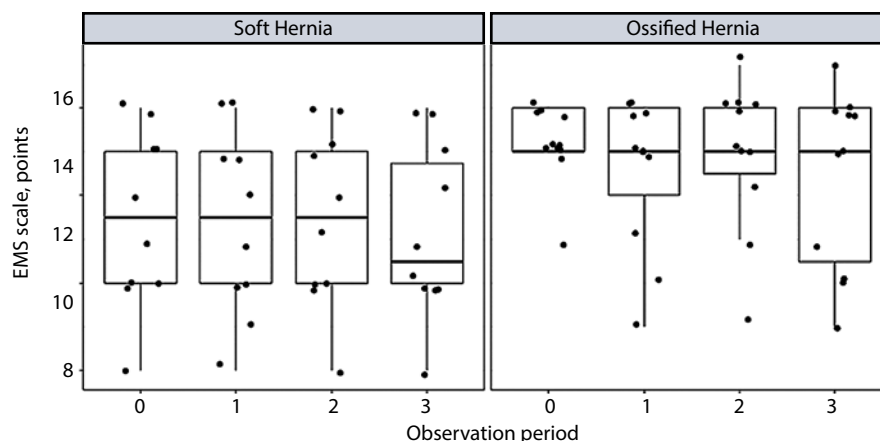


Fig. 6. Dynamics of myelopathy manifestations in patients according to the European Myelopathic Scale (EMS). Follow-up period: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

Table 4. Dynamics of neurological status indicators in a group of patients with soft hernias of the thoracic intervertebral disc

Methods for assessing the clinical condition of patients	Before surgery	After the operation on the 1 st day	Upon discharge from the hospital	At the follow-up
mJOA scale, points	12.3/12.5 (10.2; 14)	12.2/12 (10.2; 14)	12.4/12.5 (10.2; 14.8)	12.1/13 (10.2; 13)
EMS, points	13.5/13.5 (12; 15)	13.4/13.5 (12; 15)	13.5/13.5 (12; 15)	13.2/12.5 (12; 14.8)
Ashworth scale, points	1.7/2 (1.2; 2)	1.7/2 (1.2; 2)	1.4/1.5 (1; 2)	1.1/1 (1; 1.8)
Nurick scale, points	3.4/4 (2.2; 4)	3.4/4 (2.2; 4)	3.4/4 (2.2; 4)	3.5/4 (3; 4)
Pelvic floor dysfunction, number of patients	6	6	6	5

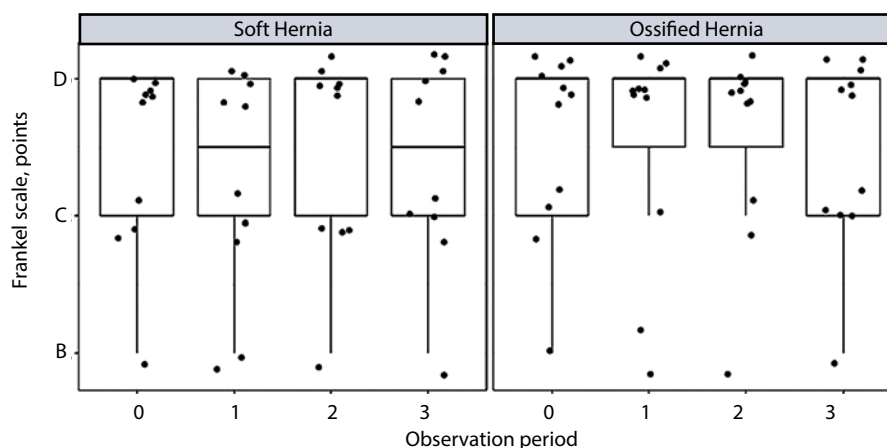


Fig. 7. Dynamics of neurological status in patients according to the Frankel scale. Follow-up period: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

values were 1.4/2 (1; 2) during the follow-up period the patients reached the values of 1/1 (0; 1) (Fig. 8).

At the last available observation, the total score of mJOA scale decreased to 12.9/13 (11; 15) (see Fig. 5), by the EMS scale – to 13.9/14 (12; 16). In 7 (33.3 %) patients, there was a gradual decrease in mJOA and EMS scores in the late postoperative period, in 5 patients – a relatively

moderate decrease in the scores (in 3 patients by 1 score and in 2 patients by 2 scores, respectively). In 2 patients, there was a marked decrease in the mJOA and EMS scores by 4 scores as compared to the preoperative level (Tables 3, 4, 5).

According to the results of the functional status assessment on the Nurick scale, there was no significant change in the scores in the late postoperative period (see Tables 3–5 and Fig. 9).

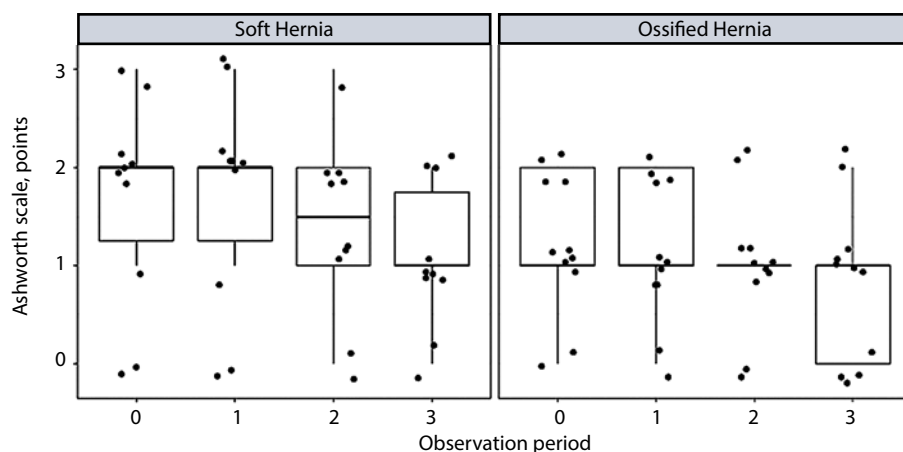


Fig. 8. Dynamics of spasticity indicators in patients according to the Ashworth scale. Follow-up period: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

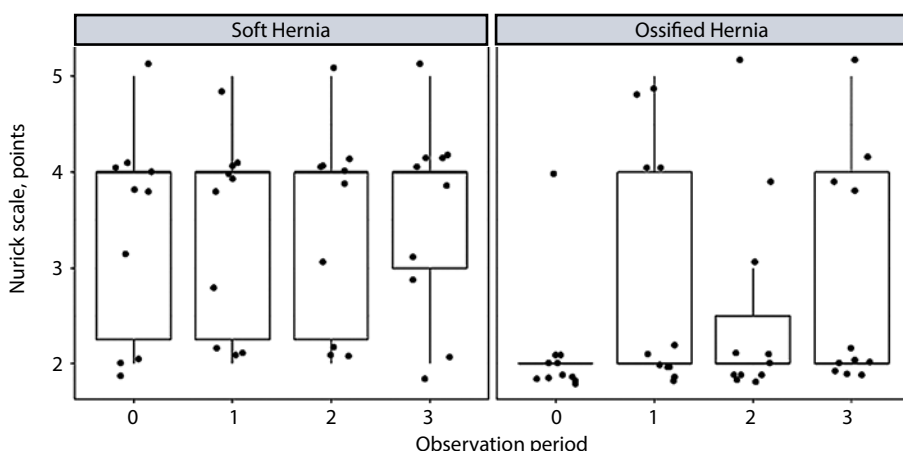


Fig. 9. Dynamics of movement disorders in patients according to the Nurick scale. Follow-up period: 0 – before surgery; 1 – on the 1st day after the operation; 2 – upon discharge from the hospital; 3 – at the control examination

Table 5. Dynamics of neurological status indicators in a group of patients with ossified herniated thoracic intervertebral disc

Methods for assessing the clinical condition of patients	Before surgery	After the operation on the 1 st day	Upon discharge from the hospital	At the follow-up
mJOA scale, points	14.4/15 (13.5; 15)	13.8/14 (13.5; 15)	14.1/15 (13.5; 15)	13.5/14 (12; 15)
EMS, points	15.2/15 (15; 16)	14.5/15 (14; 16)	14.9/15 (14.5; 16)	14.5/15 (12.5; 16)
Ashworth scale, points	1.2/1 (1; 2)	1.2/1 (1; 2)	1/1 (1; 1)	0.8/1 (0; 1)
Nurick scale, points	2.2/2 (2; 2)	2.9/2 (2; 4)	2.5/2 (2; 2.5)	2.8/2 (2; 4)
Pelvic floor dysfunction, number of patients	3	3	3	4

The analysis has revealed deterioration of clinical results in patients who had concomitant spinal pathology (Fig. 10). It is worth emphasizing that according to the neurological examination data taken before operation, the leading role in development of the clinical evolution was played by HTD but not by the concomitant disease.

In the late follow – up period, the neurological status remained at the preoperative level in 10 (47.6 %) patients, and positive dynamics was observed in 4 (19.1 %) patients.

Thus, a satisfactory result of surgical treatment was achieved in 14 (66.7 %) patients (see Tables 3–5).

DISCUSSION

The development of thoracic myelopathy in HTD is an indication for surgical intervention. Several surgical methods of decompression of the thoracic spinal cord have been described. The 1st and most widely used access is the classical posterior access, including laminectomy and microsurgical

discectomy [10]. Since with this access there is a high risk of damage to both the DM and the spinal cord, the posterior surgery of HTD is not considered as the «gold» standard of surgical treatment. In addition, there is a lateral approach, which is a retropleural bone transectomy [11]. This access provides a larger view as compared with posterior surgery, but due to its traumatic nature it is not currently in use. In the article, we paid attention to the VATS method because it is most commonly used in our clinic for discectomy in patients with HTD. It is worth mentioning that the choice of surgical approach is influenced by both location of the herniated disc (central or lateral), expected nature of

the hernia (ossified or mild) and the severity of clinical symptoms and patient tolerance to surgery [10].

The main subject of our study is the thoracic myelopathy. All of our patients had manifestations of thoracic myelopathy, in 17 (81 %) patients these symptoms were the 1st manifestation of the disease. In our study, the most common neurological symptom was lower paraparesis, pelvic organ dysfunction occurred in 42.9 % of patients. In the study of U. Quint et al., 60 % of patients had neurological deficit, 37 % had motor deficit that was 1st observed 1.5 years before surgery [5]. In our study, the time from the symptoms onset to surgical treatment was 1.9 years.

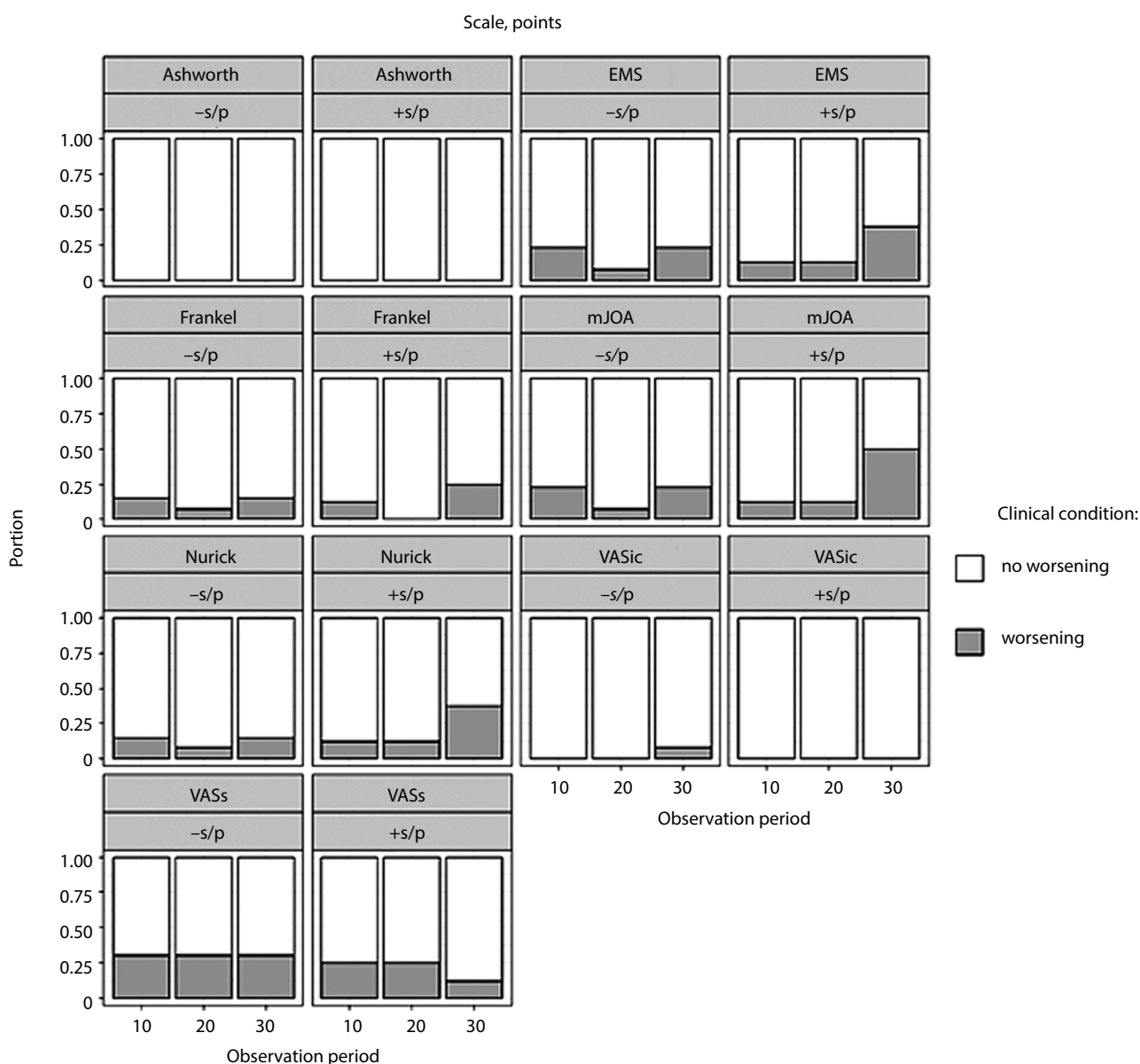


Fig. 10. Dynamics of indicators of the studied scales in patients divided into groups with and without concomitant spinal pathology: s/p – spinal pathology at a different level; “–/+” – absence/presence. Observation periods: 10 – on the 1st day after the operation compared with the preoperative period; 20 – at discharge from the hospital; 30 – at the follow-up examination. VASic – visual analog scale of pain in the intercostal space; VASs – visual analog scale for back pain

It is worth mentioning that the clinical symptoms of HTD without surgical treatment are most often progressively aggravated and myelopathy develops as a result of compression-ischemic effect of hernial protrusion on the spinal cord. In the study of U. Quint et al., 89 % of patients had an increase in neurological deficit in dynamics during control examinations [5].

As a result of analysis of literature sources, A.E. Simonovich did not reveal the indisputable advantages of any of the surgical methods for HTD removal. According to different authors, each of the accesses has similar results of clinical outcomes [12].

Due to the availability of comparable results for each type of HTD surgery, endoscopic techniques have been increasingly developed. A.A. Grin et al. mention that advantages of VATS include low traumatic access, lower risk of development of postoperative pain syndrome and complications as compared with open interventions, as well as reduction in the period of hospitalization [13]. Definitely, in spite of these advantages, this technique also has obvious disadvantages. According to A.A. Grin et al., the main negative properties of VATS include difficulty of suturing the DM when it is broken, risk of uncontrolled bleeding, high cost of endoscopic equipment and absence of binocular field of view [13]. When using anterior approaches, which include videothoracoscopic discectomy, there is a high probability of development of serious pulmonary complications [12]. In our study, the frequency of clinically significant complications from the respiratory system was 14.3 %, which is comparable with the results of other studies.

In 1991, R.J. Lewis performed a videothoracoscopic discectomy for the first time, and in 1993 J.J. Regan et al. have reported effectiveness of this method in study involving 29 cases [14].

S. Ayhan et al. have reported results of VATS applied to group of 27 patients having manifestations of thoracic myelopathy, there were: improvements in level and severity of spinal cord injury according classification by American Spinal Injury Association (ASIA) in 44.4 % of patients, in 7.4 % of patients the condition worsened, and in 48 % did not change. It is worth noting that 11 out of 13 patients that did not demonstrate improvement in the preoperative period had an E degree according to the ASIA classification. In addition, in this work, the authors noted a clinical improvement according the Nurick scale – at the preoperative level the patients had 2.5 scores while and after surgery – up to 1.4 [6].

In our study, a large set of evaluation scales was used that allowed us to demonstrate stabilization or improvement

of patient condition in early postoperative period in 85.7 % of cases. The results obtained suggest that transthoracic removal of HTD is an effective method for treating patients with this disease.

The results of studies related to this problem suggest that clinical evolution caused even by prolonged compression of the spinal cord by a herniated intervertebral disc at the thoracic level, may have positive dynamics in the long-term period after HTD surgery. According to the work of U. Quint et al., the clinical results obtained after a year seem to be final and after this time the possibility of restoring nervous functions reaches its limit [5].

The short hospitalization time and unexpressed pain at the site of surgery combined with a good clinical effect create high subjective satisfaction of patients after transthoracic discectomy. N. Anand et al. have received 83.8 % of good reviews from patients over 2 years of follow-up in the postoperative period [2]. U. Quint et al. have reported that 78 % of patients were satisfied with the result of interventions [5] and all patients had good and excellent clinical outcomes.

When choosing the type of intervention, an important aspect to be taken into consideration is the frequency of complications with transthoracic access. According to U. Quint et al., the complication rate was 15.6 % and was similar to the complication rate in HTD surgery performed from the posterior access [5]. N. Anand et al. [2] and R.J. Oskouian et al. [4] in their publications described a similar complication rate of videothoracoscopic microdiscectomy – 21 and 24 %, respectively.

In our publication, the frequency of all complications was 33.3 %, which is slightly higher than in similar studies, but only in 1 (4.8 %) case, the complication led to a significant deterioration in the patient's condition.

Taking into account our experience and the results reported in publications on this problem, the transthoracic removal of HTD seems to us to be an effective and safe method of treatment that allows to eliminate spinal canal stenosis and stabilize the clinical condition of patients.

CONCLUSION

According to our data, in patients with hernias at thoracic level of the spine accompanied by development of thoracic myelopathy, a stabilization or reduction of clinical manifestations of spinal cord injury after transthoracic treatment was observed in 85.7 % of cases. In this regard, the anterior transthoracic endoscopic access for removal of HTD appears to be an effective and fairly safe method of surgical treatment of spondylogenic thoracic myelopathy.

REFERENCES

1. Kerezoudis P., Rajjoub K.R., Goncalves S. et al. Anterior *versus* posterior approaches for thoracic disc herniation: Association with postoperative complications. *Clin Neurol Neurosurg* 2018;167: 17–23. DOI: 10.1016/j.clineuro.2018.02.009
2. Anand N., Regan J.J. Video-assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease: Classification and outcome study of 100 consecutive cases with a 2-year minimum follow-up period. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(8):871–9. DOI: 10.1097/00007632-200204150-00018
3. Lewis R.J., Caccavale R.J., Sisler G.E. Special report: video-endoscopic thoracic surgery. *N J Med* 1991;88(7):473–5. PMID: 1891124
4. Oskouian R.J., Johnson J.P., Regan J.J. Thoracoscopic Microdiscectomy. *Neurosurgery* 2002;50(1):103–9. DOI: 10.1097/00006123-200201000-00018
5. Quint U., Bordon G., Preissl I. et al. Thoracoscopic treatment for single level symptomatic thoracic disc herniation: a prospective followed cohort study in a group of 167 consecutive cases. *Eur Spine J* 2012;21(4):637–45. DOI: 10.1007/s00586-011-2103-0
6. Ayhan S., Nelson C., Gok B. et al. Transthoracic surgical treatment for centrally located thoracic disc herniations presenting with myelopathy: a 5-year institutional experience. *J Spinal Disord Techn* 2010;23(2):79–88. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318198cd4d
7. Slynko E.I., Zolotoverkh A.M., Gurina I.I., Ternitskaya Yu.P. Features of computed tomography when planning surgical treatment of hernias of the thoracic spine. *Ukrainskij nejroxirurgicheskij zhurnal* = Ukrainian Neurosurgical Journal 2011;1:56–9. (In Russ.)
8. Grin A.A., Oschepkov S.K., Kaikov A.K., Krylov V.V. Video endoscopic surgery of injuries and diseases of the thoracic and lumbar spine / Ed. by V.V. Krylov. M.: Print Studio, 2012. 152 p.
9. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. (Electronic resource). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021.
10. Court C., Mansour E., Bouthors C. Thoracic disc herniation: Surgical treatment. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104(1):S31–S40. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.04.022
11. Foreman P.M., Naftel R.P., Moore T.A. 2nd, Hadley M.N. The lateral extracavitary approach to the thoracolumbar spine: a case series and systematic review. *J Neurosurg Spine* 2016;24(4):570–9. DOI: 10.3171/2015.6.SPINE15169
12. Simonovich A.E. Surgery of herniated thoracic intervertebral discs: a systematic review of the English literature. *Xirurgiya pozvonoch-nika* = Spine Surgery 2019;16(1):70–80. (In Russ.) DOI: 10.14531/ss2019.1.70-80
13. Grin A.A., Zhestkov K.G., Kaikov A.K. et al. Videothoracoscopic operations for injuries and diseases of the thoracic spine. *Nejroxirurgiya* = Russian Journal of Neurosurgery 2010;3:36–44. (In Russ.).
14. Regan J.J., Ben-Yishay A., Mack M.J. Video-assisted thoracoscopic excision of herniated thoracic disc: description of technique and preliminary experience in the first 29 cases. *J Spinal Disord* 1998;11(3):183–91. PMID: 9657540.

Authors' contributions

Yu.E. Kubetsky: research concept and design, data collection and processing, article writing;
 E.D. Anisimov: receiving, processing and analyzing data, article writing;
 R.V. Khalepa, V.V. Kelmakov, E.A. Loparev: data analysis, text editing;
 E.V. Amelina: statistical data processing;
 D.A. Rzaev: research concept and design, text editing.

ORCID of authors

Yu.E. Kubetsky: <https://orcid.org/0000-0002-7810-3531>
 E.D. Anisimov: <https://orcid.org/0000-0003-1858-3745>
 R.V. Khalepa: <https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>
 E.A. Loparev: <https://orcid.org/0000-0001-5006-5214>
 D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>
 E.V. Amelina: <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>
 V.V. Kelmakov: <https://orcid.org/0000-0002-2128-874X>

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

Financing. The study was performed without external funding.

Informed consent. Patients gave written informed consent to participate in the study.

ВЛИЯНИЕ ЛАМИНЭКТОМИИ НА БОЛЬ, ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НЕТРУДОСПОСОБНОСТЬ, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И АКТИВНЫЕ ТРИГГЕРНЫЕ ТОЧКИ У ПАЦИЕНТОВ С ГРЫЖЕЙ ПОЯСНИЧНОГО ДИСКА

К. Эззати^{1,2}, З. Реханян^{2,3}, Ш. Юсефзаде-Чабок², Ш. Гадарджани⁴, А. Давуди-Киакалайех³

¹Терапевт, PhD, доцент кафедры физиотерапии, Исследовательский центр неврологии, больница Пурсина, медицинский факультет Университета медицинских наук Гиляна; Решт, Иран;

²Исследовательский центр дорожной травмы Гиляна, Университет медицинских наук Гиляна; Решт, Иран

³Отделение нейрохирургии, больница Пурсина, медицинский факультет Университета медицинских наук Гилян; Решт, Иран;

⁴Врач, нейрохирург, сертифицированный неврологический хирург, больница Гаема; Решт, Иран

Контакты: Зохайр Реханян Zoheir.reihanian@gmail.com

Цель. Оценить влияние ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска.

Методы. В настоящее проспективное одногрупповое исследование до и после операции вошел 71 пациент (42 мужчины и 29 женщин) в возрасте 20–60 лет ($48 \pm 13,41$). За 48 ч до операции пациентов осмотрел физиотерапевт. Интенсивность боли измеряли по визуальной аналоговой шкале, инвалидность – по индексу Освестри (персидская версия), а уровень чувствительности – с помощью альгометра давления. Через 3 мес после ламинэктомии пациенты были повторно обследованы с помощью указанных тестов.

Результаты. У большинства (23 случая, 32,4 %) пациентов до операции выявлены 3 активные триггерные точки в мышцах. У 60 (84,5 %) испытуемых наблюдалось постепенное зарождение боли в ногах без травм в анамнезе. Триггерные точки до ламинэктомии в основном присутствовали в поясничной многораздельной (74,9 %), медиальной икроножной (73,2 %), камбаловидной (70,4 %) и средней ягодичной (62 %) мышцах. С другой стороны, после ламинэктомии триггерные точки в основном были в медиальной икроножной (54,9 %), латеральной икроножной (53,5 %), камбаловидной (50,7 %), многораздельной (39,4 %) и квадратной поясничной (39,4 %) мышцах. Распространенность триггерных точек в длиннейшей мышце грудной клетки ($p = 0,04$), квадратной поясничной ($p = 0,001$), большой ягодичной ($p = 0,04$) и передней большеберцовой ($p = 0,02$) мышцах значительно уменьшилась после ламинэктомии. Признаки боли, инвалидизации и порог болевой чувствительности выявили значительные различия до и после операции.

Обсуждение. Картина распределения активных триггерных точек мышц отличалась до и после операции. Наиболее часто миофасциальный болевой синдром до и после операции присутствовал на многораздельной и икроножной мышцах соответственно.

Заключение. Настоящее исследование показало, что боль, инвалидизация, число и распространенность триггерных точек уменьшились после поясничной ламинэктомии. При этом болевой порог давления на триггерные точки после операции повысился. Картина распределения активных триггерных точек мышц была разной до и после операции. Наиболее часто миофасциальный болевой синдром до и после операции присутствовал на многораздельной и икроножной мышцах соответственно. Фактически результаты настоящего исследования показали, что активные триггерные точки следует учитывать в период до и после ламинэктомии.

Ключевые слова: поясничный стеноз, миофасциальный болевой синдром, триггерные точки, ламинэктомия, боль

Для цитирования: Эззати К., Реханян З., Юсефзаде-Чабок Ш. и др. Влияние операции ламинэктомии на боль, функциональную нетрудоспособность, сенсibilизацию и активные триггерные точки у пациентов с грыжей поясничного диска. Нейрохирургия 2023;25(2):60–7. (На англ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-60-67

ВВЕДЕНИЕ

Боль в пояснице, вызванная грыжей межпозвоночного диска, — важная причина нетрудоспособности [1]. В США ежегодно проводят около 400 тыс. операций на позвоночном диске [2]. Продemonстрировано, что около 60 % операций на позвоночном диске приводят к благоприятным результатам [2, 3]. Неправильная интерпретация картины магнитно-резонансной томографии (МРТ), нестабильность позвоночника и хирургические осложнения относятся к наиболее серьезным причинам, по которым такие операции могут привести к неблагоприятным результатам [4, 5].

Миофасциальный болевой синдром — это хроническое ощущение боли, влияющее на опорно-двигательный аппарат [6]. Он характеризуется триггерными точками наряду с неп пульсирующей болью, варьирующей от легкой до слабой интенсивности [7]. Триггерная точка — это чувствительная точка, расположенная в фасции скелетной мышцы, которая становится болезненной из-за давления, напряжения, сокращения и чрезмерной нагрузки [8]. Проекционная боль также является особенностью триггерных точек [9]. Триггерные точки находятся в активной и скрытой формах. Активные триггерные точки — причина проекционной боли у 85 % пациентов с болями в опорно-двигательном аппарате [7]. Недавно было показано, триггерные точки могут служить причиной развития различных болей: головной, боли височно-нижнечелюстного сустава, синдрома хронической тазовой боли, общей боли (такой как синдром фибромиалгии или хлыстовый синдром), боли в пояснице [10, 11].

Поясничная ламинэктомия — это недорогостоящая хирургическая техника лечения пациентов со стенозом поясничного отдела позвоночника [12, 13]. Ламина удаляется хирургом для декомпрессии диска и нервов [13]. В мышцах и мягких тканях, затронутых в ходе операции, могут возникать триггерные точки [14]. В силу этого некоторые вмешательства для устранения триггерных точек выполняются после операции [15]. Недавно были проведены исследования по возникновению триггерных точек после различных операций, таких как торакальная хирургия или хирургия рака молочной железы [16, 17]. М.Т. Lacombe и соавт. показали, что после года наблюдения у 44,8 % женщин, перенесших операцию по удалению рака молочной железы, имелись активные триггерные точки в мышцах плеча и лопатки [16]. Кроме того, Fernández-Lao и соавт. отметили наличие активных триггерных точек в мышцах шеи и плеча после удаления опухоли молочной железы или самой железы [17].

Однако пока, насколько нам известно, не проведено никакого исследования по возникновению или исчезновению триггерных точек после ламинэктомии. Цель нашей работы — изучение влияния ламинэктомии на боль, функциональность, чувствительность и активные триггерные точки у пациентов с грыжей позвоночного диска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы обследовали пациентов до и после проведенной ламинэктомии. В исследовании принял участие 71 пациент (42 мужчины и 29 женщин) в возрастном диапазоне от 20 до 60 лет (48 лет $\pm$ 13,41 года). Пациенты, страдающие от болей в спине до и после ламинэктомии 4-го и 5-го поясничного позвонков, были направлены в физиотерапевтический центр больницы Пурсина. Это одностороннее исследование было предварительно зарегистрировано на Clinicaltrials.gov (номер клинического испытания IRCT20170516034003N7) и одобрено научным сотрудником Гуйланьского университета медицинских наук (этический кодекс IR.GUMS.REC. 1396.344). Все пациенты подписали информированное согласие.

Критериями включения в исследование были выбраны хроническая боль в пояснице, которая проецируется в нижнюю часть конечности, продолжительностью более 3 мес, подтверждение нейрохирургом показаний к ламинэктомии, пребывание в стационаре в период отбора, наличие по крайней мере 1 триггерной точки в поясничных мышцах или мышцах нижних конечностей. Блок-схема отбора пациентов показана на рис. 1.

Из исследования были исключены пациенты со следующими состояниями или заболеваниями: фибромиалгия, невралгия, ревматоидный артрит, поясничная и тазобедренная миопатия, невро- и миелопатия, когнитивные расстройства; онкология, синдром конского хвоста; после иглоукалывания или инъекций в триггерную точку, беременность, насильственные травмы, прием кортикостероидов; хирургия поясничных позвонков в анамнезе; недержание мочи; двусторонняя радикулярная боль; отсутствие триггерных точек.

За 48 ч до операции пациентов обследовал физиотерапевт. Была собрана демографическая информация о пациентах, затем зарегистрированы боль, нетрудоспособность, порог болевого давления, мышцы с активными триггерными точками. Интенсивность боли оценивали по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), индекс дисфункции — по Освестри (персидская версия),

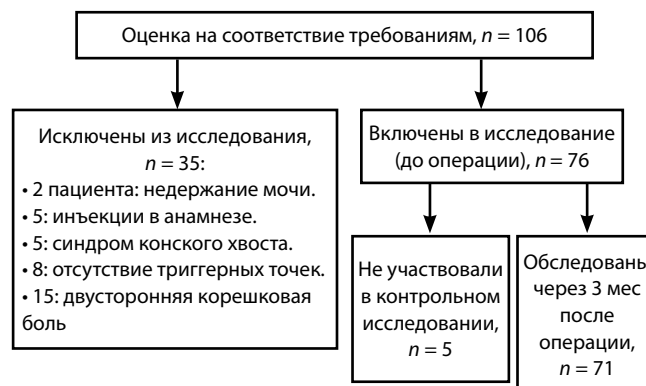


Рис. 1. Блок-схема отбора участников исследования

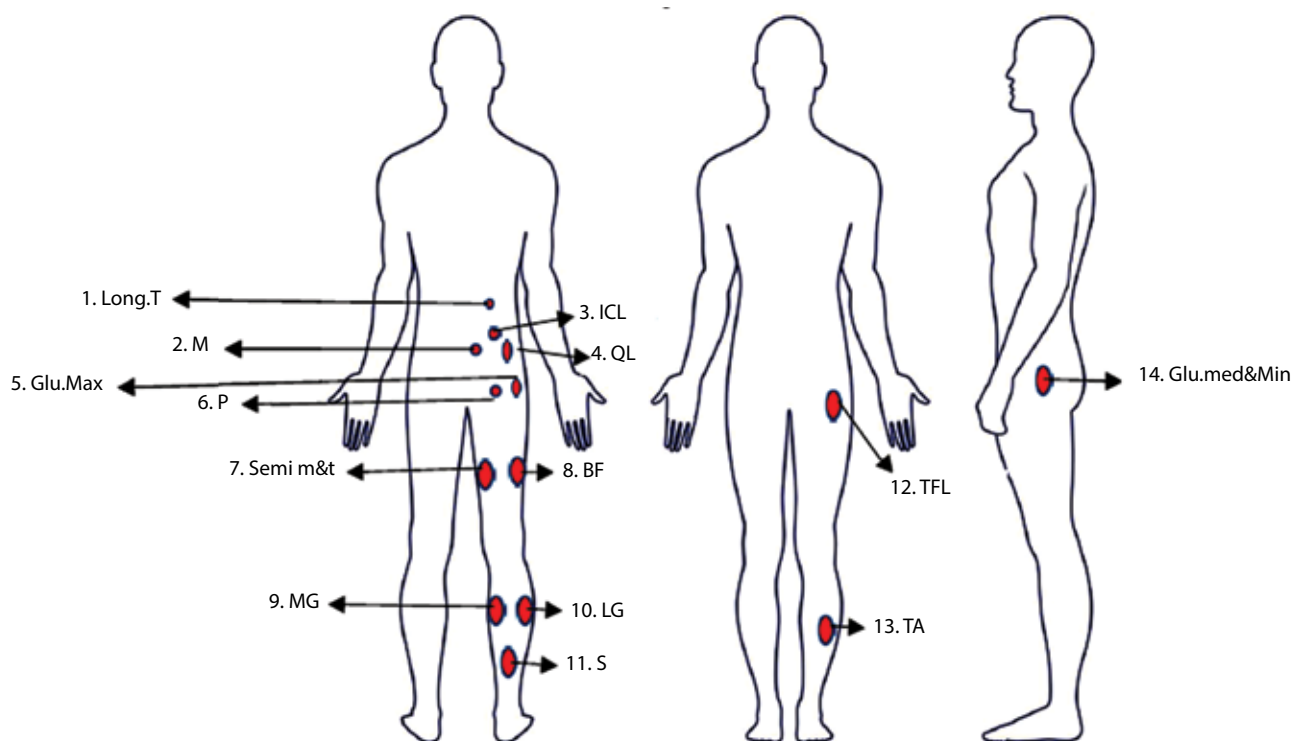


Рис. 2. Зоны активных триггерных точек в 15 мышцах поясницы и нижних конечностей у пациентов с хронической болью в пояснице до и после поясничной ламинэктомии: 1. Long. T (longissimus thoracis) – длиннейшая мышца грудной клетки, 2. M (multifidus) – поясничная многогребневая мышца, 3. ICL (iliocostalis lumborum) – подвздошно-реберная мышца поясницы, 4. QL (quadratus lumborum) – квадратная поясничная мышца, 5. Glu. Max (gluteus maximus) – большая ягодичная мышца, 6. P (piriformis) – грушевидная мышца, 7. Semi m&t (Semimembranosus u semitendinosus) – полуперепончатая и полусухожильная мышцы, 8. BF (biceps femoris) – двуглавая мышца бедра, 9. MG (medial gastrocnemius) – медиальная икроножная мышца, 10. LG (lateral gastrocnemius) – латеральная икроножная мышца, 11. S (soleus) – камбаловидная мышца, 12. TFL (tensor fasciae latae) – напрягатель широкой фасции бедра, 13. TA (tibialis anterior) – передняя большеберцовая мышца, 14 – Glu. med&Min (gluteus medius, gluteus minimus) – средняя и малая ягодичные мышцы

порог болевого давления – с помощью алгометра [18]. Пациенты повторно обследованы на наличие указанных результатов через 3 мес после ламинэктомии.

При определении интенсивности боли по ВАШ пациента просят отметить интенсивность боли на линии длиной 100 мм. Цифра 0 указывает на отсутствие боли, а 100 – на максимальную боль, которую испытывал субъект. Достоверность и надежность критериев измерения зрительной шкалы боли доказаны в предыдущих исследованиях [19, 20].

Индекс дисфункции Освестри использовался для оценки степени нарушения функции мышц пациентов с болями в пояснице. Этот опросник включает в себя 10 разделов. Каждый содержит 6 вопросов и 5 баллов по вопросам. Первому вопросу присваивают 0 баллов, последнему – 5. Пациента просят ответить на вопросы в соответствии с его повседневной деятельностью. Окончательный балл рассчитывается как процент дисфункции. Достоверность и надежность персидской версии индекса Освестри доказаны в предыдущих исследованиях [18].

Алгометр давления (модель SF, Южная Корея) использовался для оценки болевого порога до и после лечения на триггерных точках. Устройство состоит из рукоятки с чувствительным к давлению диском раз-

мером 1 см² [21]. Чтобы пациент лучше ознакомился с этим устройством, процесс измерения предварительно демонстрировали на шиловидном отростке локтевой кости. Манометр устанавливали на триггерных точках, после чего 3 раза проводили измерение. Среднее значение 3 измерений регистрировали как величину порога боли под давлением (кг/см²). Следует отметить, что давление, оказываемое экзаменатором, было постоянным (около 1 кг/с). Пациентов просили сказать «да», как только давление доходило до болевого ощущения. Средние значения триггерных точек в мышцах зарегистрированы до и после ламинэктомии [21, 22].

Триггерные точки выявляли при пальпировании поясницы и нижних конечностей. Пальпацию (прямое давление пальцем, плоское и щипок) выполнял опытный физиотерапевт [23]. В исследовании оценивались мышцы пояснично-сакральной области и нижней конечности: multifidus, quadratus lumborum, longissimus thoracis, iliocostalis lumborum, piriformis, gluteus maximus, gluteus medius, gluteus minimus, tensor fasciae latae, biceps femoris, semitendinosus and semimembranosus, medial and lateral gastrocnemius, soleus and tibialis anterior [23]. Расположение основных точек миофасциального болевого синдрома показаны на рис. 2 [23, 24]. Ощутимое напряжение, чувствительность и ощущение

боли были 3 основными критериями для диагностики триггерных точек [16]. Регистрировалось число мышц с триггерными точками и активных триггерных точек у каждого пациента.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для анализа данных использовали статистический пакет для программного обеспечения социальных наук (SPSS для Windows, версия 23.0). Был проведен частотный и описательный анализ для проверки всех соответствующих характеристик пациентов. Результаты представлены в процентах, среднем значении и/или стандартном отклонении (standard deviation, SD). Кроме того, применяли тест Шапиро–Уилкса для оценки нормального распределения данных. Для сравнения переменных до и после вмешательства использовались парный *t*-критерий и хи-квадрат (χ^2). Различия в числе активных триггерных точек до и после операции анализировали с помощью теста хи-квадрат. Статистически значимым считалось значение *p* менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из 106 испытуемых в исследование вошел 71 человек, 35 испытуемых были исключены из исследования по следующим причинам: не имели триггерных точек во время первой оценки (*n* = 8), имели симптомы синдрома конского хвоста (*n* = 5), недержание мочи (*n* = 2), инъекции в анамнезе (*n* = 5) и двустороннюю боль (*n* = 15). Кроме того, 5 человек не участвовали в контрольной оценке (см. рис. 1). Среди участников были 42 (59,2 %) женщины и 29 (40,8 %) мужчин. Выводы, связанные с описательной статистикой, представлены в табл. 1.

Согласно результатам, 5, 8 и 9 мышц были поражены у 9 (12,7 %) испытуемых. Большинство (23 случая, 32,4 %) пациентов имели 3 активные триггерные точки перед операцией, 60 (84,5 %) испытуемых испытывали постепенное появление боли в ногах без травм в анамнезе.

Lumbar multifidus (74,9 %), medial gastrocnemius (73,2 %), soleus (70,4), gluteus medius (62 %) были наиболее вовлеченными мышцами с триггерными точками

до ламинэтомии. С другой стороны, после ламинэтомии наиболее вовлеченными мышцами с триггерными точками были medial gastrocnemius (54,9 %), lateral gastrocnemius (53,5 %), soleus (50,7), multifidus (39,4 %) и quadratus lumborum (39,4 %). Точное число всех мышц представлено в табл. 2. Согласно ее данным, наличие триггерных точек в longissimus thoracis (*p* = 0,04), quadratus lumborum (*p* = 0,001), gluteus maximus (*p* = 0,04) и tibialis anterior (*p* = 0,02) мышцах значительно уменьшилось после ламинэтомии. Кроме того, число триггерных точек во всех мышцах уменьшилось после операции, но большинство из них не были значимыми как до, так и после операции (*p* > 0,05).

В табл. 3 показаны средние изменения количественных показателей до и после ламинэтомии. Выявленные до и после операции болевой синдром, дисфункция и порог болевого давления имели достоверные различия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования показали, что боль, дисфункция и болевой порог давления уменьшились после ламинэтомии, что согласуется с данными других исследований [3, 25–29]. Насколько нам известно, настоящее исследование стало первым, в котором освещается миофасциальное происхождение спинальной боли в ногах у пациентов, страдающих грыжей диска L4 и L5 после ламинэтомии. Его результаты показали, что поясничная ламинэтомия не увеличивает число триггерных точек в мышцах туловища и нижних конечностей, а напротив, уменьшает, даже в проксимальных мышечных группах.

Триггерные точки являются основными характеристиками миофасциального болевого синдрома и могут возникать в результате длительного мышечного сокращения, перегрузки или выполнения повторяющихся движений [6]. Несмотря на оценку и лечение триггерных точек по различным классификациям спинальной боли, в некоторых источниках упоминается, что хирургическое вмешательство может быть причиной возникновения триггерных точек [7, 14]. В наших недавнем и настоящем исследованиях показано, что

Таблица 1. Демографические характеристики пациентов с болями в пояснице перед ламинэтомией

	Значение		
	минимальное	максимальное	среднее $\pm$ SD
Возраст, лет	23	60	48 $\pm$ 13,41
Масса, кг	47	91	72,51 $\pm$ 8,92
Рост, см	155	182	169,24 $\pm$ 6,14
ИМТ, кг/м ²	19,12	29,14	25,92 $\pm$ 2,01
Продолжительность боли, мес	3	48	6,78 $\pm$ 12,17

Сокращения: SD — стандартное отклонение; ИМТ — индекс массы тела.

Таблица 2. Частота и процент поражения мышц у пациентов с грыжей межпозвоночного диска до и после ламинэктомии

	Мышца	Частота активных триггерных точек, n		Доля активных триггерных точек, %		χ^2	Значение p
		до операции, n = 71	после операции, n = 61	до операции	после операции		
1	Multifidus	54	28	74,9	39,4	0,75	0,38
2	Longissimus thoracis	22	15	31	21,1	4,20	0,04
3	Iliocostalis lumborum	24	11	33,8	15,5	0,01	0,91
4	Quadratus lumborum	38	28	53,5	39,4	11,44	0,001
5	Gluteus maximus	23	10	33,4	14,1	0,41	0,04
6	Gluteus medius	44	19	62	26,8	2,45	0,11
7	Gluteus minimus	18	6	25,4	8,5	2,75	0,09
8	Piriformis	30	24	42,3	23,8	2,15	0,14
9	Tensor fasciae latae	12	8	16,9	11,3	0,30	0,58
10	Semitendinosus и semimembranosus	37	25	52,1	25,2	0,96	0,32
11	Biceps femoris	31	25	43,7	35,2	0,004	0,95
12	Medial gastrocnemius	52	39	73,2	54,9	0,55	0,45
13	Lateral gastrocnemius	39	38	54,9	53,5	0,36	0,54
14	Soleus	50	36	70,4	50,7	0,31	0,57
15	Tibialis anterior	21	10	29,6	14,1	5,34	0,02

Таблица 3. Сравнение болевого порога, дисфункции и болевого порога давления до и после ламинэктомии

Переменная	Время	Среднее значение $\pm$ SD	Значение p
Боль по визуальной аналоговой шкале	До операции	8,32 $\pm$ 1,79	0 < 0,001
	После операции	3,35 $\pm$ 2,42	
Индекс дисфункции Освестри	До операции	30,21 $\pm$ 6,35	0 < 0,001
	После операции	20,5 $\pm$ 6,25	
Болевой порог давления (по аллометру)	До операции	10,37 $\pm$ 1,5	0 < 0,001
	После операции	11,5 $\pm$ 1,67	

Сокращения: SD — стандартное отклонение.

у многих людей, страдающих хронической болью в пояснице, могут проявляться симптомы миофасциального болевого синдрома по крайней мере в 4 или 5 группах мышц туловища и нижних конечностей [24]. Более чем у 50 % пациентов до операции наблюдалась миофасциальная боль в следующих мышцах: multifidus, medial gastrocnemius, soleus, gluteus medius, lateral gastrocnemius, quadratus lumborum и medial hamstring. Однако более чем у 50 % пациентов после операции симптомы проявлялись только в мышцах lateral gastrocnemius, medial gastrocnemius и soleus. До и после операции мышцы multifidus и medial gastrocnemius демонстрировали самый высокий уровень поражения соответственно. Предыдущие исследования показали высокую рас-

пространенность активных триггерных точек в мышце multifidus у пациентов с хронической неспецифической болью в пояснице [24]. В этом исследовании мышца multifidus была наиболее вовлеченной до операции.

Мышца multifidus обеспечивает две трети стабильности спины. Двойственная функция этой мышцы — причина высокой распространенности в ней триггерных точек [30, 31]. Хотя число триггерных точек уменьшилось после ламинэктомии, multifidus по-прежнему является одной из мышц, которая демонстрирует высокий процент вовлечения, и ее следует рассматривать после ламинэктомии. С другой стороны, икроножные мышцы также показали более высокую частоту активных

триггерных точек после ламинэктомии. Это подтверждает сообщение о болях в задних отделах голени и подошвах у этих больных после операции. Неподвижность, медикаментозное лечение, позиционирование после операции и отсутствие ежедневной растяжки могут быть наиболее частыми причинами возникновения триггерных точек в этих мышцах после операции [16, 32].

Мышцы *longissimus thoracis*, *quadratus lumborum*, *gluteus maximus* и *tibialis anterior* показали значительное уменьшение числа триггерных точек по сравнению с данными обследования до операции, тогда как в других мышцах значительного их снижения не наблюдалось. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что поясничная ламинэктомия может уменьшить миофасциальную боль в проксимальных мышцах и мышцах, иннервируемых нервным корешком L5. Это не согласуется с исследованиями, предполагающими, что хирургическое вмешательство становится причиной возникновения триггерных точек из-за повреждения мягких тканей, окружающих нижнюю часть спины [33].

Центральная чувствительность у субъектов с активными триггерными точками рассматривается как неврологический фактор возникновения и продолжения боли [34]. Центральная чувствительность определяется как повышенная чувствительность рецепторов к стимуляции, которая может вызвать болевую гиперчувствительность [33]. Следовательно, декомпрессия нервных корешков, связанных с мышцами, может снизить центральную чувствительность и, таким образом, уменьшить боль и убрать триггерные точки [35]. В настоящем исследовании повышение порога болевой чувствительности после ламинэктомии выступает одним из факторов, подтверждающих эту гипотезу. Таким образом, в мышце *tibialis anterior* наблюдалось значительное уменьшение активных триггерных точек. Также важно отметить, что модификация и высвобождение нервных корешков после ламинэк-

томии могут быть эффективными для уменьшения боли у пациентов [33].

Время, прошедшее после операции, может рассматриваться как фактор развития и распространенности активных триггерных точек. Fernández-Lao и соавт. показали, что, хотя время оценки мышц после операции было разным между 2 группами, между ними не наблюдалось существенной разницы в числе и распространенности триггерных точек [17]. В настоящем исследовании во 2-й оценке с момента ламинэктомии прошло не менее 3 мес. Однако представляется, что в острой фазе после операции вероятность выявления активных триггерных точек выше [33].

Данное исследование имело несколько ограничений. Во-первых, мы анализировали только долгосрочные наблюдения за пациентами и не оценивали непосредственные результаты ламинэктомии по исходам. Во-вторых, из-за отбора пациентов для операции не было возможности создать контрольную группу для исследования. В-третьих, пальпация была единственным методом диагностики триггерных точек. В-четвертых, психосоциальный статус пациентов в данном исследовании не регистрировался. В-пятых, несмотря на то что данные были собраны в одной больнице, операции выполнялись 2 хирургами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что боль, дисфункция, число и распространенность триггерных точек уменьшились после поясничной ламинэктомии. Тем не менее болевой порог давления триггерных точек после операции повышался. Характер активных триггерных точек мышц до и после операции был разным. Многораздельная и икроножная мышцы были наиболее распространенными мышцами с миофасциальным болевым синдромом до и после операции соответственно. Фактически текущие результаты продемонстрировали, что активные триггерные точки следует учитывать до и после ламинэктомии.

REFERENCES

1. Yang H., Liu H., Li Z. et al. Low back pain associated with lumbar disc herniation: role of moderately degenerative disc and annulus fibrous tears. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(2):1634–44. eCollection. PMID: 25932092
2. Ragab A., Dshazo R.D. Management of back pain in patients with previous back surgery. *Am J Med* 2008;121(4):272–8. DOI: 10.1016/j.amjmed.2008.01.004
3. Bydon M., Macki M., Abt N.B. et al. Clinical and surgical outcomes after lumbar laminectomy: An analysis of 500 patients. *Surg Neurol Int* 2015;6(Suppl 4):S190–3. DOI: 10.4103/2152-7806.156578
4. Clinical orthopaedic rehabilitation E-Book: an evidence-based approach: expert consult / Eds.: S.B. Brotzman, R.C. Manske: Elsevier Health Sciences; 2011.
5. Peene L., Le Cacheux P., Sauter A.R. et al. Pain management after laminectomy: a systematic review and procedure-specific post-operative pain management (prospect) recommendations. *Eur Spine J* 2021;30(10):2925–35. DOI: 10.1007/s00586-020-06661-8
6. Ezzati K., Ravarian B., Saberi A. et al. Prevalence of cervical myofascial pain syndrome and its correlation with the severity of pain and disability in patients with chronic non-specific neck pain. *Arch Bone Jt Surg* 2021;9(2):230–4. DOI: 10.22038/abjs.2020.48697.2415
7. Fernández-de-Las-Peñas C., Nijs J. Trigger point dry needling for the treatment of myofascial pain syndrome: current perspectives within a pain neuroscience paradigm. *J Pain Res* 2019;12:1899–911. DOI: 10.2147/JPR.S154728
8. Ezzati K., Khani S., Moladoust H. et al. Comparing muscle thickness and function in healthy people and subjects with upper trapezius myofascial pain syndrome using ultrasonography. *J Bodyw Mov Ther* 2021;26:253–6. DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.12.016

9. Fernández-de-Las-Peñas C., Dommerholt J. International consensus on diagnostic criteria and clinical considerations of myofascial trigger points: a Delphi study. *Pain Med* 2018;19(1):142–50. DOI: 10.1093/pm/pnx207
10. Barbero M., Schneebeli A., Koetsier E., Maino P. Myofascial pain syndrome and trigger points: evaluation and treatment in patients with musculoskeletal pain. *Curr Opin Support Palliat Care* 2019;13(3):270–6. DOI: 10.1097/SPC.0000000000000445
11. Casale R. Myofascial pain: so common, and yet not understood. *Curr Opin Support Palliat Care* 2018;12(3):372. DOI: 10.1097/SPC.0000000000000367
12. Burnett M.G., Stein S.C., Bartels R.H. Cost-effectiveness of current treatment strategies for lumbar spinal stenosis: nonsurgical care, laminectomy, and X-STOP. *J Neurosurg Spine* 2010;13(1):39–46. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09552
13. Salas-Vega S., Chakravarthy V.B., Winkelman R.D. et al. Late-week surgery and discharge to specialty care associated with higher costs and longer lengths of stay after elective lumbar laminectomy. *J Neurosurg Spine* 2021; Apr 6:1–7. DOI: 10.3171/2020.11.SPINE201403
14. Arias-Buría J.L., Valero-Alcaide R., Cleland J.A. et al. Inclusion of trigger point dry needling in a multimodal physical therapy program for postoperative shoulder pain: a randomized clinical trial. *J Manipulative Physiol Ther* 2015;38(3):179–87. DOI: 10.1016/j.jmpt.2014.11.007
15. Halle R., Crowell M., Goss D. Dry needling and physical therapy versus physical therapy alone following shoulder stabilization repair: a randomized clinical trial. *Int J Sports Phys Ther* 2020;15(1):81–102. PMID: 32089961
16. Lacombe M.T., Del Moral O.M., Zazo J.L.C. et al. Incidence of myofascial pain syndrome in breast cancer surgery: a prospective study. *Clin J Pain* 2010;26(4):320–5. DOI: 10.1097/AJP.0b013e3181c4904a
17. Fernández-Lao C., Cantarero-Villanueva I., Fernández-de-Las-Peñas C. et al. Development of active myofascial trigger points in neck and shoulder musculature is similar after lumpectomy or mastectomy surgery for breast cancer. *J Bodyw Mov Ther* 2012;16(2):183–90. DOI: 10.1016/j.jbmt.2011.01.022
18. Mousavi S.J., Parnianpour M., Mehdian H. et al. The Oswestry disability index, the Roland-Morris disability questionnaire, and the Quebec back pain disability scale: translation and validation studies of the Iranian versions. *Spine* 2006;31(14):E454–E9. DOI: 10.1097/01.brs.0000222141.61424.f7
19. Chiarotto A., Maxwell L.J., Ostelo R.W. Measurement properties of visual analogue scale, numeric rating scale, and pain severity subscale of the brief pain inventory in patients with low back pain: A systematic review. *J Pain* 2019;20(3):245–63. DOI: 10.1016/j.jpain.2018.07.009
20. Shafshak T.S., Elnemr R. The Visual Analogue Scale Versus Numerical Rating Scale in Measuring Pain Severity and Predicting Disability in Low Back Pain. *J Clin Rheumatol* 2021;27(7):282–5. DOI: 10.1097/RHU.0000000000001320
21. Benito-de-Pedro M., Becerro-de-Bengoa-Vallejo R., Losa-Iglesias et al. Effectiveness between dry needling and ischemic compression in the triceps surae latent myofascial trigger points of triathletes on pressure pain threshold and thermography: a single blinded randomized clinical trial. *J Clin Med* 2019;8(10):1632. DOI: 10.3390/jcm8101632
22. Park G., Kim C.W., Park S.B., Kim M.J., Jang S.H. Reliability and usefulness of the pressure pain threshold measurement in patients with myofascial pain. *Ann Rehabil Med* 2011;35(3):412–7. DOI: 10.5535/arm.2011.35.3.412
23. Dommerholt J., de las Penas C.F. Trigger point dry needling E-Book: an evidence and clinical-based approach. Elsevier Health Sciences, 2018.
24. Yousefzadeh Chabok S., Ezzati K., Saberi A., Hosein Zadeh J. Evaluating the prevalence of lumbar myofascial pain syndrome in patients with non-specific chronic low back pain and a normal MRI study. *Journal of Guilan University of Medical Sciences* 2020;29(113):43–50.
25. Datta G., Gnanalingham K.K., Peterson D. et al. Back pain and disability after lumbar laminectomy: is there a relationship to muscle retraction? *Neurosurgery* 2004;54(6):1413–20. DOI: 10.1227/01.neu.0000124751.57121.a6
26. Thomé C., Zevgaridis D., Leheta O. et al. Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. *J Neurosurg Spine* 2005;3(2):129–41. DOI: 10.3171/spi.2005.3.2.0129
27. Haddadi K., Ganjeh Qazvini H.R. Outcome after surgery of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of bilateral laminotomy, trumpet laminectomy, and conventional laminectomy. *Front Surg* 2016;3:19. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00019
28. Ko S., Oh T. Comparison of bilateral decompression via unilateral laminotomy and conventional laminectomy for single-level degenerative lumbar spinal stenosis regarding low back pain, functional outcome, and quality of life – A randomized controlled, prospective trial. *J Orthop Surg Res* 2019;14(1):252. DOI: 10.1186/s13018-019-1298-3
29. Ricciardi L., Sturiale C.L., Pucci R. et al. Patient-oriented aesthetic outcome after lumbar spine surgery: a 1-year follow-up prospective observational study comparing minimally invasive and standard open procedures. *World Neurosurg* 2019;122:e1041–6. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.208
30. Freeman M.D., Woodham M.A., Woodham A.W. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *PM R* 2010;2(2):142–6. DOI: 10.1016/j.pmrj.2009.11.006
31. Cagnie B., Dhooge F., Schumacher C. et al. Fiber typing of the erector spinae and multifidus muscles in healthy controls and back pain patients: a systematic literature review. *J Manipulative Physiol Ther* 2015;38(9):653–63. DOI: 10.1016/j.jmpt.2015.10.004
32. Samuel A.S., Peter A.A., Ramanathan K. The association of active trigger points with lumbar disc lesions. *J Musculoskelet Pain* 2007;15(2):11–8. DOI: 10.1300/J094v15n02_04
33. Hendi A., Dorsher P.T., Rizzo T.D., Gibson L.E. Subcutaneous trigger point causing radiating postsurgical pain. *Arch Dermatol* 2009 Jan;145(1):52–4. DOI: 10.1001/archderm.145.1.52
34. The role of central sensitization in shoulder pain: a systematic literature review. *Seminars in arthritis and rheumatism* / Eds: M.N. Sanchis, E. Lluch, J. Nijs, F. Struyf, M. Kangasperko. Elsevier, 2015.
35. Woolf C.J., Thompson S.W. The induction and maintenance of central sensitization is dependent on N-methyl-D-aspartic acid receptor activation; implications for the treatment of post-injury pain hypersensitivity states. *Pain* 1991;44(3):293–9. DOI: 10.1016/0304-3959(91)90100-C

Благодарность. Авторы благодарят персонал и пациентов отделения физиотерапии и нейрохирургии больницы Пурсина.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в отношении настоящего исследования.

Этическое одобрение. Все процедуры, выполняемые в исследованиях с участием людей, соответствовали этическим стандартам институционального и/или национального исследовательского комитета (код этики IRCT20170516034003N7).

Заявление о заинтересованности. Отсутствует.

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке Гилянского университета медицинских наук, заместителя министра исследований и технологий (номер гранта 96082015).

Статья поступила: 12.12.2022. **Принята к публикации:** 26.01.2023.

DEVELOPMENT OF INTERNAL CAROTID ARTERY ANEURYSM AFTER SUCCESSFUL CONSERVATIVE TREATMENT OF PROLACTINOMA

M.A. Kutin¹, L.I. Astafyeva¹, I.V. Chernov¹, K.G. Mikeladze¹, S.B. Yakovlev¹, A.N. Lavrenyuk²,
A.D. Donskoy¹, P.L. Kalinin¹

¹N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of Ministry of Health of Russia; Russia, 125047 Moscow,

⁴h Tverskaya-Yamskaya St., 16;

²City Clinical Hospital No. 39 of Kanavinsky district of Nizhny Novgorod; Russia, 603028 Nizhny Novgorod, Moskovskoe Hwy, 144

Contacts: Ilya Valeryevich Chernov ichernov@nsi.ru

Background. The problem of concomitant pituitary adenomas and intracranial aneurysms is extensively covered in literature. According to various authors, the prevalence of such a combination of lesions is as high as 9 %, most commonly involving hormone-producing pituitary adenomas and aneurysms of the anterior circulation, up to 69 % of which originate from the carotid artery.

Aim. To analyze and demonstrate the treatment of patients with developed internal carotid artery aneurysm (ICA) against the background of successful conservative therapy of prolactinoma.

Materials and methods. In this article we review the literature and present two clinical cases of patients with development of internal carotid artery (ICA) aneurysms after successful conservative treatment of prolactinomas.

Results. In both of the described cases, ICA aneurysms with intrasellar extension developed after successful conservative treatment of large invasive prolactinomas. In both cases ICA occlusion were performed and in one of them extra-intracranial bypass surgery was performed as well.

Conclusion. The presented clinical cases suggest potential direct destructive effect of tumor tissue on vessel walls. Currently, it seems reasonable to carry out computed tomography angiography in all patients with adenomas invading the cavernous sinus.

Keywords: pituitary adenoma, cerebral aneurysm, endovascular aneurysm occlusion

For citation: Kutin M.A., Astafyeva L.I., Chernov I.V. et al. Development of internal carotid artery aneurysm after successful conservative treatment of prolactinoma. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):75–82. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-75-82

INTRODUCTION

The problem of concomitant pituitary adenomas and intracranial aneurysms is quite extensively covered in modern literature. According to various authors, the average incidence of this combination of lesions is 9 % [1–6]. The most common combination is hormone-producing pituitary adenomas and aneurysms of the anterior circulation: 69 % of these aneurysms originate from the carotid artery [1, 2, 6–20]. Less common are intrasellar aneurysms which can be contiguous with the tumor, non-contiguous or incorporated into the tumor [6, 14–16, 21]. Usually, aneurysm is detected at the same time as pituitary tumor, and adequate treatment tactics are developed taking this fact into account. Sometimes both the tumor and the aneurysm are diagnosed due to aneurysm rupture which can lead to hemorrhage into the tumor, nasal bleeding, formation of carotid-cavernous fistula, or subarachnoid hemorrhage in cases of

destruction of the base of the skull structures by the tumor [22–27]. Somatotropinomas and prolactinomas are frequently associated with aneurysms [1–6]. The latter comprise about 40 % of all pituitary adenomas, and the treatment of choice for them are dopamine agonist therapy (in particular, cabergoline 1.8 %) with effectiveness of about 80 % [28]. Among complications of conservative treatment with prolactin are cerebrospinal fluid rhinorrhea, pulmonary fibrosis, constrictive pericarditis [29–31].

We describe 2 clinical cases of development of aneurysms of the cavernous segment of the internal carotid artery (ICA) after successful conservative treatment with prolactin. The true causes of these aneurysms are unknown. We have not encountered articles describing this combination and discussing possible partial destruction of the vascular wall by the tumor in the location of the aneurysm.

CLINICAL CASE 1

Female patient K., 65 years old, since 2009 have been receiving cabergoline at maximal dose 2 mg/week due to giant prolactinoma (baseline serum prolactin level 289,656 mIU/L (40–530)) diagnosed due to headaches and visual impairment (OD (oculus dexter) – finger counting, OS (oculus sinister) – 0.9; field of vision: OD – in the narrow field in the nasal part, central vision impaired, OS – narrowing in the temporal part for all colors) (Fig. 1).

In 4 months after the start of prolactinoma treatment, serum prolactin level normalized (410 mIU/mL) and the tumor became smaller. In 2013, tumor regressed almost completely, secondarily empty sella formed, visual acuity improved to 0.6 on the right and 0.7 on the left with normal field of vision (Fig. 2).

In 2019 (the whole previous year the patient took cabergoline and was followed up at the place of residence) at routine MRI exam, endo-supra-laterosellar lesion interpreted as

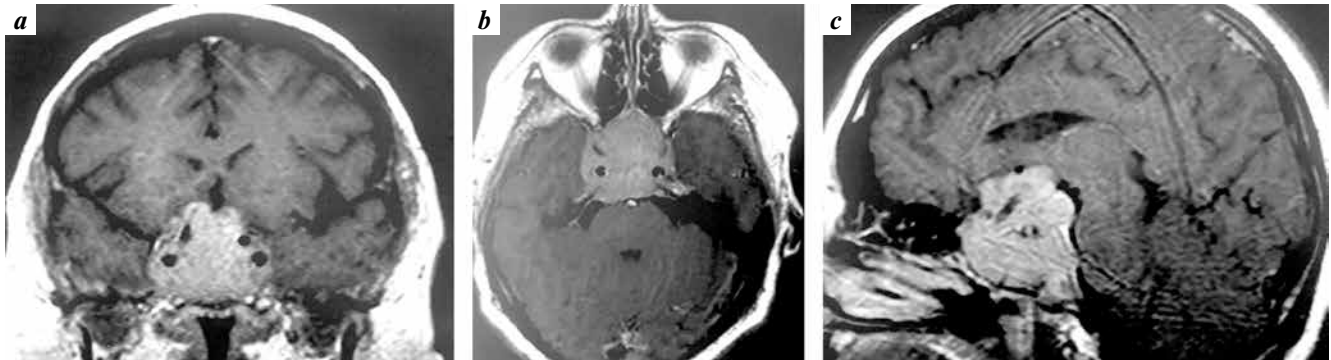


Fig. 1. Magnetic resonance imaging of the brain of patient K. before the start of therapy with dopamine agonists in frontal (a), axial (b) and sagittal (c) projections. An invasively growing pituitary tumor of large size is determined

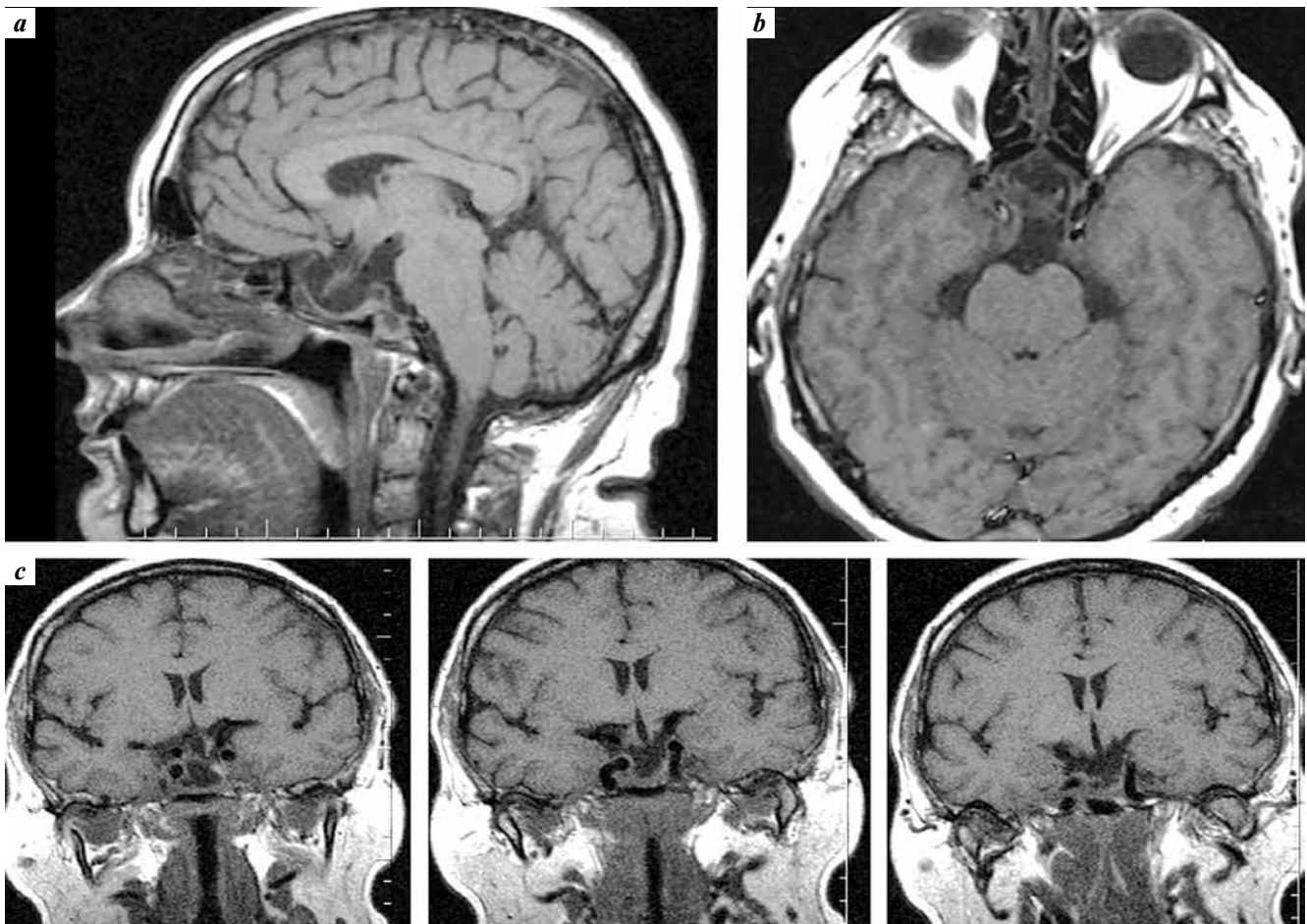


Fig. 2. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient K. 4 years after the start of cabergoline therapy in sagittal (a), axial (b) and frontal (c) projections

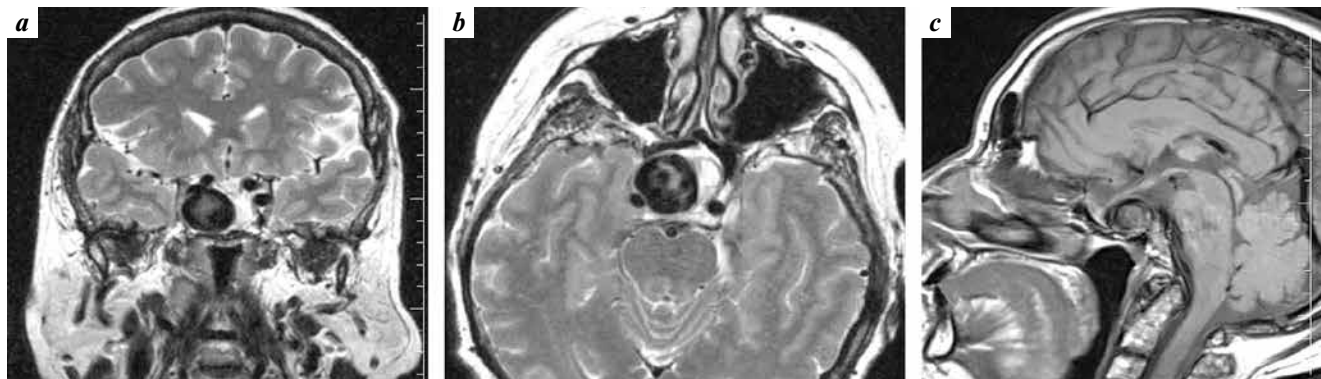


Fig. 3. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient K. from 2019 in frontal (a), axial (b) and sagittal (c) projections. Determined by endo-supralaterosellar formation

tumor progression was found, and cabergoline dose was increased with normal prolactin levels in the patient (Fig. 3).

At the end of 2020, due to progressing visual impairment (OD — finger counting close to the face on a limited area in the temporal field paracentrally, OS — 0.9) spiral computed tomography angiography (CTA) was performed which showed giant aneurysm of the cavernous segment of the right ICA (Fig. 4). The patient was admitted to the N.N. Burdenko Scientific Research Institute of Neurosurgery for endovascular treatment.

Installation of a flow diverter was planned, but attempts at catheterization of the right ICA distally from the giant aneurysm were unsuccessful during two surgeries due to complex anatomical characteristics of the aneurysm and the artery. Additionally, insufficiency of collateral blood flow through the posterior communicating artery was observed. During conservative hormonal therapy with hydrocortisone after second unsuccessful attempt at endovascular treatment, the patient developed acute psychosis with symptoms of delusions. Two weeks after stabilization of the patient's condition, preventive installation of extra-intracranial bypass and ICA occlusion at the aneurysm level were performed (Fig. 5). After the surgery, the patient's condition is satisfactory with no dynamics in neurological status.

CLINICAL CASE 2

Male patient M., 58 years old, underwent MRI due to visual impairment and hypopituitarism which showed large invasively growing pituitary adenoma (Fig. 6).

Due to increased prolactin level (above 5,000 mIU/L, specific number unknown), patient was prescribed cabergoline 1 mg/week with positive effect in the form of tumor shrinkage and serum prolactin level normalization (Fig. 7).

Since 2020 (after 13 years of continuous cabergoline therapy, the patient was not followed up since 2008), the patient has developed amaurosis on the right, and his vision on the left decreased to 0.6 (with correction) with loss of the temporal part of the field. Spiral CTA showed giant partially thrombosed aneurysm of the cavernous segment of the right ICA (Fig. 8).

Due to anatomic and topographic characteristics of the aneurysm (almost complete vascular wall dysplasia, acute

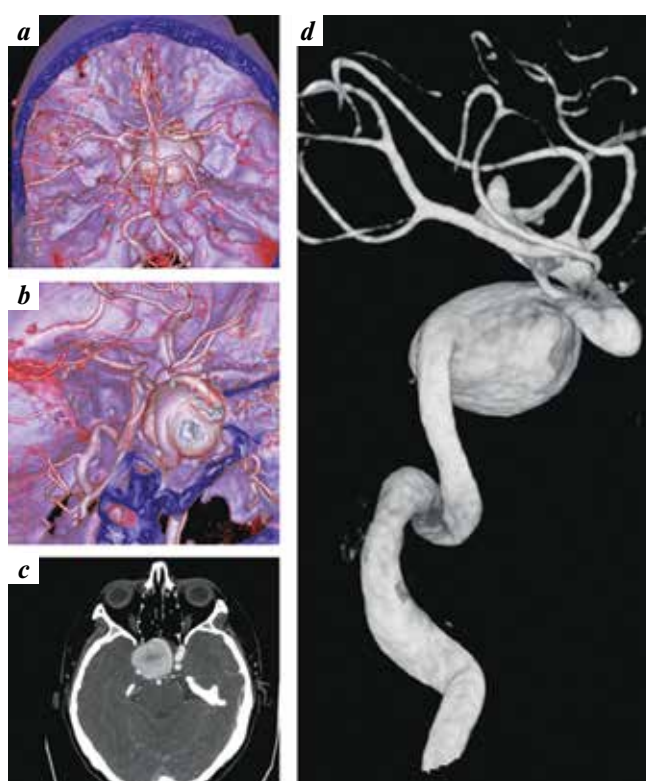


Fig. 4. Giant aneurysm of the cavernous segment of the right ICA detected in patient K.: a—c — spiral computed tomography angiograms; d — 3D angiography of the right internal carotid artery

angle of ICA branching distally from the aneurysm), reconstructive surgery with flow diverter was not possible. Therefore, a decision to perform deconstructive surgery was made. Functional sampling showed good development of the anterior and posterior communicating arteries. Deconstruction with micro-coils was performed (Fig. 9).

On day 3 after surgery the patient was discharged in satisfactory condition without dynamics in the neurological status.

DISCUSSION

In both above-described cases, intrasellarly advancing ICA aneurysm developed after successful drug treatment

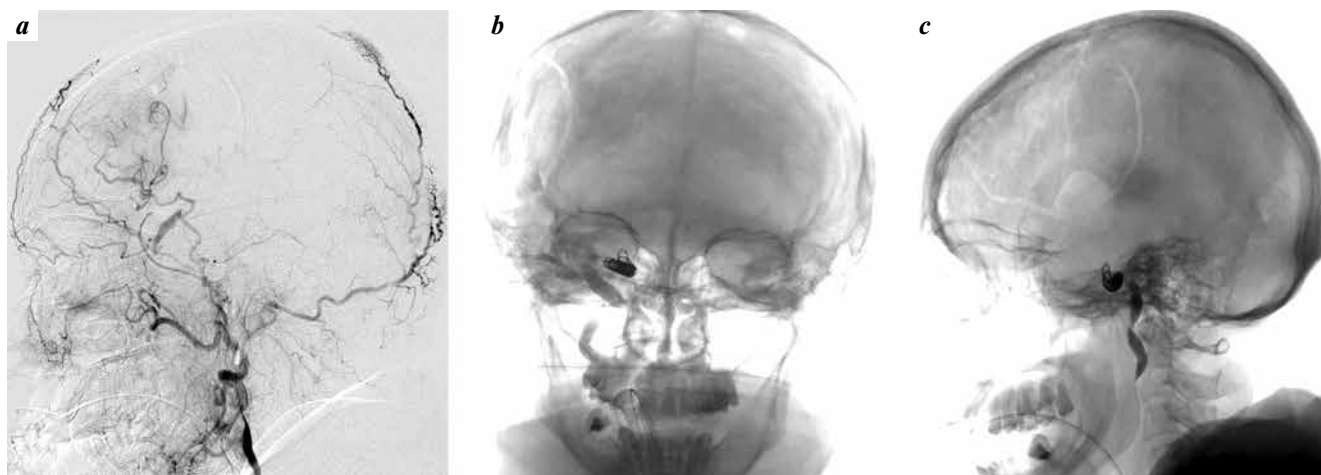


Fig. 5. Angiograms of the cerebral vessels of patient K.: *a* – the right common and external carotid arteries after extra-intracranial bypass; *b, c* – the right internal carotid artery after deconstructive surgery (occlusion with microspirals)

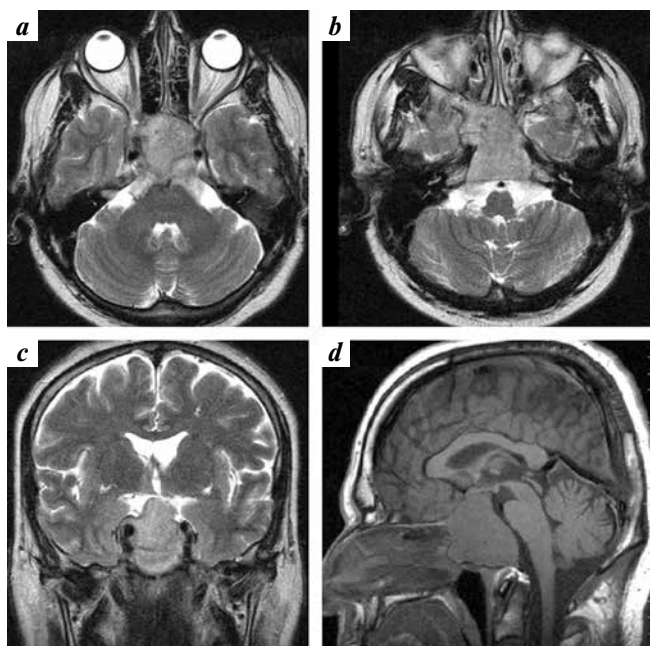


Fig. 6. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient M. prior to cabergoline therapy in axial (*a, b*), frontal (*c*) and sagittal (*d*) projections. An invasively growing pituitary tumor of large size is determined

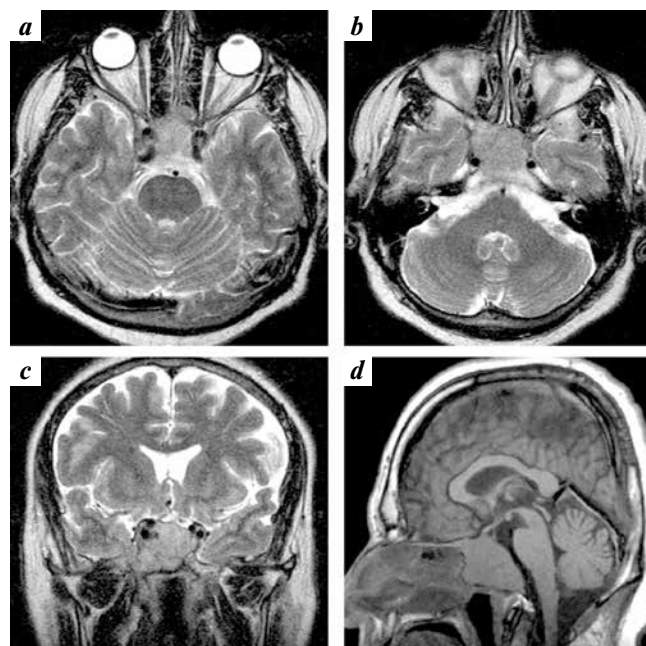


Fig. 7. Magnetic resonance tomograms of the brain of patient M. 3 months after the start of cabergoline therapy in axial (*a, b*), frontal (*c*) and sagittal (*d*) projections. There is a decrease in the size of the tumor

of invasively growing large prolactinomas. The mechanism of action of dopamine agonists is based on the direct binding of the drug to type 2 dopamine receptors on lactotrophic tumor cells leading to inhibition of cell proliferation [32–34], decrease in tumor size and serum prolactin level [35, 36]. In 40 % of cases, pituitary adenomas, prolactinoma in particular, are characterized by invasive growth: tumors can grow in any direction from the sella turcica affecting the cavernous sinus, bones and dura mater [37, 38]. Invasion into the surrounding structures is dependent on such factors as presence of disintegrin and metalloprotease, transforming tumor growth factor, vascular endothelial growth factor, etc. In combination, these factors theoretically create a

possibility of tumor affecting ICA wall, which is one theory explaining concomitant intrasellar aneurysms and pituitary adenomas together with such factors as local circulatory stress, endocrine effects and mechanical effects [22, 39, 40]. In the cases presented in this article, pituitary adenoma in all likelihood partially destroyed ICA wall, and after tumor shrinkage its carcass function disappeared which led to predisposition for aneurysm development.

In such cases, correct interpretation of the 3D process in the chiasmal-sellar area is very important, as specific anamnesis immediately suggests drug resistance and continued tumor growth or hemorrhage into the residual tumor. Aneurysm can be distinguished from the tumor on MRI by

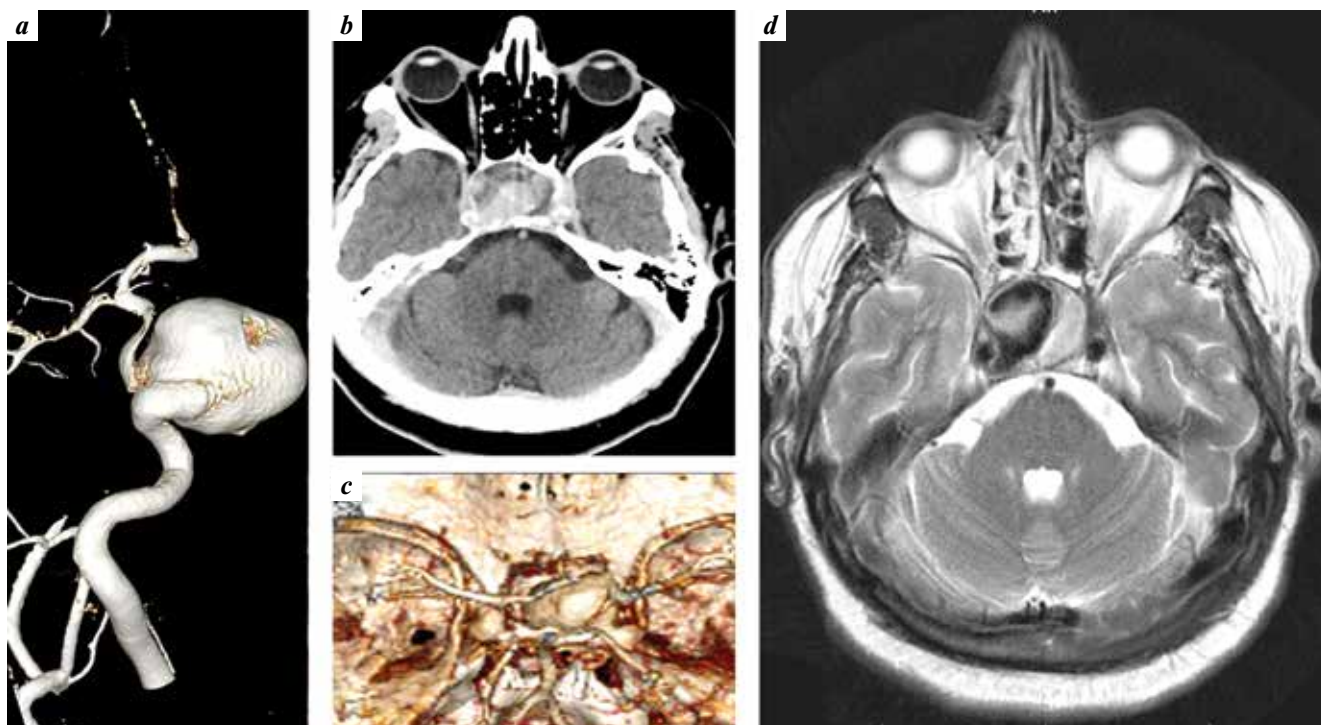


Fig. 8. Giant partially thrombosed aneurysm of the cavernous segment of the right internal carotid artery, detected in patient M.: a – 3D angiograms of the right internal carotid artery; b, c – spiral computed tomographic angiograms; d – magnetic resonance tomogram in T2 mode in axial projection



Fig. 9. Angiogram of the right internal carotid artery after reconstructive surgery (microspiral occlusion)

the presence of blood flow void in T1- and T2-weighted images; however, aneurysm thrombosis can complicate differential diagnosis, and in such cases spiral CTA is recommended.

Treatment tactics for intrasellar aneurysms depend on their size and shape. Both deconstructive surgeries in case of adequate collateral blood flow [26, 27, 41] and vasculature-preserving surgeries in the form of coiling or installation of flow diverters if anatomical characteristics are

permissible are possible [42]. In the above-described cases, selective intraoperative angiography showed practically full ICA dysplasia at the aneurysm level, severely unfavorable anatomical characteristics of the aneurysm including inconvenient ICA branching angle distally from the aneurysm which did not allow to perform reconstructive surgery using flow diverters and led to deconstructive surgeries.

CONCLUSION

The described clinical cases allow to assume direct deconstructive effect of the tumor on the vascular wall. Two observations do not allow to confidently state if it is characteristic of prolactin or can happen for any tumor with hormonal activity. This, in turn, once again poses the question of the mechanism of development of aneurysms of the ICA cavernous segment during pituitary adenoma invasion into the cavernous sinus. Possibly, the structure of the walls of such aneurysms differ from aneurysms caused by other factors. Additionally, these two clinical cases allow to assume the presence of thinning of ICA walls during tumor invasion into the cavernous sinus with absence of changes in ICA according to MRI and spiral CTA, which, in turn, increases the risk of ICA wall rupture during tumor resection from the cavernous sinus.

At this stage, it seems reasonable to perform spiral CTA for all patients with adenoma invasion into the cavernous sinus, and to take into account the possibility of ICA wall rupture during tumor resection from the cavernous sinus due to the loss of tumor carcass function, and formation of an aneurysm in the postoperative period.

REFERENCES

- Pant B., Arita K., Kurisu K. et al. Incidence of intracranial aneurysm associated with pituitary adenoma. *Neurosurg Rev* 1997;20(1):13–7. DOI: 10.1007/BF01390519
- Housepian E.M., Pool J.L. A systematic analysis of intracranial aneurysms from the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956. *J Neuropathol Exp Neurol* 1958;17(3):409–23. DOI: 10.1097/00005072-195807000-00001
- Imamura J., Okuzono T., Okuzono Y. Fatal epistaxis caused by rupture of an intratumoral aneurysm enclosed by a large prolactinoma – case report. *Neurol Med Chir* 1998;38(10):654–6. DOI: 10.2176/nmc.38.654
- Manara R., Maffei P., Citton V. et al. Increased rate of intracranial saccular aneurysms in acromegaly: an MR angiography study and review of the literature. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96(5):1292–300. DOI: 10.1210/jc.2010-2721
- Onishi H., Ito H., Kuroda E. et al. Intracranial mycotic aneurysm associated with transsphenoidal surgery to the pituitary adenoma. *Surg Neurol* 1989;31(2):149–54. DOI: 10.1016/0090-3019(89)90330-3
- Oh M.C., Kim E.H., Kim S.H. Coexistence of intracranial aneurysm in 800 patients with surgically confirmed pituitary adenoma. *J Neurosurg* 2012;116(5):942–7. DOI: 10.3171/2011.12.JNS11875
- Xia X., Ramanathan M., Orr B.A. et al. Expanded endonasal endoscopic approach for resection of a growth hormone-secreting pituitary macroadenoma coexistent with a cavernous carotid artery aneurysm. *J Clin Neurosci* 2012;19(10):1437–41. DOI: 10.1016/j.jocn.2011.11.032
- Berker M., Aghayev K., Saatci I. et al. Overview of vascular complications of pituitary surgery with special emphasis on unexpected abnormality. *Pituitary* 2010;13(2):160–7. DOI: 10.1007/s11102-009-0198-7
- Bulsara K., Karavadia S., Powers C., Paullus W. Association between pituitary adenomas and intracranial aneurysms: an illustrative case and review of the literature. *Neurol India* 2007;55(4):410. DOI: 10.4103/0028-3886.33307
- Curto L., Squadrito S., Almoto B. et al. MRI finding of simultaneous coexistence of growth hormone-secreting pituitary adenoma with intracranial meningioma and carotid artery aneurysms: report of a case. *Pituitary* 2007;10(3):299–305. DOI: 10.1007/s11102-007-0011-4
- Fujiwara S., Fujii K., Nishio S., Fukui M. Diagnosis and treatment of pituitary adenoma with adjacent carotid artery aneurysm. *J Neurosurg Sci* 1991;35(1):41–6.
- Hori T., Muraoka K., Hokama Y. et al. A growth-hormone-producing pituitary adenoma and an internal carotid artery aneurysm. *Surg Neurol* 1982;18(2):108–11. DOI: 10.1016/0090-3019(82)90366-4
- Revuelta R., Arriada-Mendicoa N., Ramirez-Alba J., Soto-Hernandez J.L. Simultaneous treatment of a pituitary adenoma and an internal carotid artery aneurysm through a supraorbital keyhole approach. *Minim Invasive Neurosurg* 2002;45(2):109–11. DOI: 10.1055/s-2002-32488
- Seda Jr L., Cukiert A., Nogueira K.C. et al. Intracranial internal carotid aneurysm coexisting with GH-secreting pituitary adenoma in an acromegalic patient. *Arq Neuropsiquiatr* 2008;66(1):99–100. DOI: 10.1590/S0004-282X2008000100026
- Yamada S., Yamada S.M., Hirohata T. et al. Endoscopic extracapsular removal of pituitary adenoma: the importance of pretreatment of an adjacent unruptured internal carotid artery aneurysm. *Case Rep Neurol Med* 2012;2012:1–3. DOI: 10.1155/2012/891847
- Sade B., Mohr G., Tampieri D., Rizzo A. Intracranial aneurysm and a growth hormone-secreting pituitary macroadenoma. *J Neurosurg* 2004;100(3):557–9. DOI: 10.3171/jns.2004.100.3.0557
- Salpietro F.M., Longo M., Alafaci C. et al. Co-existing pituitary tumour and intracavernous asymptomatic aneurysm: management implications. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139(8):791–2. DOI: 10.1007/BF01420056
- Tsuchida T., Tanaka R., Yokoyama M., Sato H. Rupture of anterior communicating artery aneurysm during transsphenoidal surgery for pituitary adenoma. *Surg Neurol* 1983;20(1):67–70. DOI: 10.1016/0090-3019(83)90110-6
- Li M.-H., Cheng Y.-S., Li Y.-D. et al. Large-cohort comparison between three-dimensional time-of-flight magnetic resonance and rotational digital subtraction angiographies in intracranial aneurysm detection. *Stroke* 2009;40(9):3127–9. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.553800
- Wanke I., Doerfler A., Stolke D., Forsting M. Carotid cavernous fistula due to a ruptured intracavernous aneurysm of the internal carotid artery: treatment with selective endovascular occlusion of the aneurysm. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001;71(6):784–7. DOI: 10.1136/jnnp.71.6.784
- Sasagawa Y., Tachibana O., Shiraga S. et al. [A clinical feature and therapeutic strategy in pituitary adenomas associated with intracranial aneurysms.] *No Shinkei Geka* 2012;40(1):15–21 (in Japanese). DOI: 22223518
- Nakahara M., Uozumi Y., Chiba Y. et al. Direct carotid cavernous fistula due to rupture of a cavernous carotid aneurysm embedded within a prolactinoma after cabergoline administration. *World Neurosurg* 2019;122:495–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.071
- Peng Z., Tian D., Wang H. et al. Epistaxis and pituitary apoplexy due to ruptured internal carotid artery aneurysm embedded within pituitary adenoma. *Int J Clin Exp Pathol* 2015;8(11):14189–97.
- Khalsa S.S., Hollon T.C., Shastri R. et al. Spontaneous subarachnoid hemorrhage due to ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm after medical prolactinoma treatment. *BMJ Case Rep* 2016;2016:bcr2016012446. DOI: 10.1136/bcr-2016-012446
- Suzuki H., Muramatsu M., Murao K. et al. Pituitary apoplexy caused by ruptured internal carotid artery aneurysm. *Stroke* 2001;32(2):567–9. DOI: 10.1161/01.STR.32.2.567
- Khalsa S.S., Hollon T.C., Shastri R. et al. Spontaneous subarachnoid hemorrhage due to ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm after medical prolactinoma treatment. *J Neurointerv Surg* 2017;9(3):e9. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012446.rep
- Gillam M.P., Molitch M.E., Lombardi G., Colao A. Advances in the treatment of prolactinomas. *Endocr Rev* 2006;27(5):485–534. DOI: 10.1210/er.2005-9998
- Bhatt M.H., Keenan S.P., Fleetham J.A., Calne D.B. Pleuropulmonary disease associated with dopamine agonist therapy. *Ann Neurol* 1991;30(4):613–6. DOI: 10.1002/ana.410300416
- Delgrange E., Daems T., Verhelst J. et al. Characterization of resistance to the prolactin-lowering effects of cabergoline in macroprolactinomas: a study in 122 patients. *Eur J Endocrinol* 2009;160(5):747–52. DOI: 10.1530/EJE-09-0012
- Ling L.H., Ahlskog J.E., Munger T.M. et al. Constrictive pericarditis and pleuropulmonary disease linked to ergot dopamine agonist therapy (Cabergoline) for Parkinson's disease. *Mayo Clin Proc* 1999;74(4):371–5. DOI: 10.4065/74.4.371
- Usiello A., Baik J.-H., Rougé-Pont F. et al. Distinct functions of the two isoforms of dopamine D2 receptors. *Nature* 2000;408(6809):199–203. DOI: 10.1038/35041572
- Lin S., Zhang A., Zhang X., Wu Z.B. Treatment of pituitary and other tumours with cabergoline: new mechanisms and potential broader applications. *Neuroendocrinology* 2020;110(6):477–88. DOI: 10.1159/000504000
- Spada A., Nicosia S., Cortelazzi L. et al. In vitro studies on prolactin release and adenylate cyclase activity in human prolactin-secreting pituitary adenomas. Different sensitivity of macro- and microadenomas to dopamine and vasoactive intestinal polypeptide. *J Clin Endocrinol Metab* 1983;56(1):1–10. DOI: 10.1210/jcem-56-1-1

34. Lin S.J., Leng Z.G., Guo Y.H. et al. Suppression of mTOR pathway and induction of autophagy-dependent cell death by cabergoline. *Oncotarget* 2015;6(36):39329–41. DOI: 10.18632/oncotarget.5744
35. Leng Z.G., Lin S.J., Wu Z.R. et al. Activation of DRD5 (dopamine receptor D5) inhibits tumor growth by autophagic cell death. *Autophagy* 2017;13(8):1404–19. DOI: 10.1080/15548627.2017.1328347
36. Yang Q., Li X. Molecular network basis of invasive pituitary adenoma: a review. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2019;10:7. DOI: 10.3389/fendo.2019.00007
37. Wang J., Zhang Z., Li R. et al. ADAM12 induces EMT and promotes cell migration, invasion and proliferation in pituitary adenomas via EGFR/ERK signaling pathway. *Biomed Pharmacother* 2018;97:1066–77. DOI: 10.1016/j.biopha.2017.11.034
38. Soni A., De Silva S.R., Allen K. et al. A case of macroprolactinoma encasing an internal carotid artery aneurysm, presenting as pituitary apoplexy. *Pituitary* 2008;11(3):307–11. DOI: 10.1007/s11102-007-0063-5
39. Chuang C.C., Chen Y.L., Pai P.C. A giant intracavernous carotid artery aneurysm embedded in pituitary macroadenoma presenting with pituitary apoplexy. *Cerebrovasc Dis* 2006;21(1-2):142–4. DOI: 10.1159/000090450
40. Peng Z., Tian D., Wang H. et al. Epistaxis and pituitary apoplexy due to ruptured internal carotid artery aneurysm embedded within pituitary adenoma. *Int J Clin Exp Pathol* 2015;8(11):14189–97. DOI: 26823732
41. Sun Y., Wan B., Li Q. et al. Endovascular treatment for cavernous carotid aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2020;29(6):104808. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104808

Author's contribution

M.A. Kutin: conceptualization, methodology writing, reviewing, editing;
 L.I. Astafyeva: writing an article, reviewing, editing;
 I.V. Chernov: conceptualization, methodology, writing and preparation of the initial article, visualization, literature research;
 K.G. Mikeladze: software, visualization, literature research;
 S.B. Yakovlev: writing an article, reviewing, editing;
 A.N. Lavrenyuk: writing an article, reviewing and editing;
 A.D. Donskoy: writing and preparation of the initial article, literature research;
 P.L. Kalinin: conceptualization, methodology, supervision, writing, reviewing, editing.

ORCID of authors

M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>
 L.I. Astafyeva: <https://orcid.org/0000-0003-4480-1902>
 I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>
 K.G. Mikeladze: <https://orcid.org/0000-0002-4721-9320>
 S.B. Yakovlev: <https://orcid.org/0000-0002-0798-2604>
 A.D. Donskoy: <https://orcid.org/0000-0002-0719-5168>
 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 and principles of bioethics. The data of all patients is anonymized. The patients signed an informed consent to the publication of the data.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

При направлении статьи в редакцию журнала «Нейрохирургия» авторам необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Общие правила

При первичном направлении рукописи в редакцию в копии электронного письма должны быть указаны все авторы данной статьи. Обратную связь с редакцией будет поддерживать ответственный автор, обозначенный в статье (см. пункт 2).

Представление в редакцию ранее опубликованных статей не допускается.

2. Оформление данных о статье и авторах

• Первая страница должна содержать:

- название статьи,
 - инициалы и фамилии всех авторов,
 - ученые степени, звания, должности, место работы каждого из авторов, а также их ORCID (при наличии),
 - полное название учреждения (учреждений), в котором (которых) выполнена работа,
 - адрес учреждения (учреждений) с указанием индекса.
- Последняя страница должна содержать сведения об авторе, ответственном за связь с редакцией:
- фамилия, имя, отчество полностью,
 - занимаемая должность,
 - ученая степень, ученое звание,
 - персональный международный идентификатор ORCID (подробнее: <http://orcid.org/>),
 - персональный идентификатор в РИНЦ (подробнее: http://elibrary.ru/projects/science_index/author_tutorial.asp),
 - контактный телефон,
 - адрес электронной почты.

3. Оформление текста

Статьи принимаются в форматах doc, docx, rtf.

Шрифт – Times New Roman, кегль 14, межстрочный интервал 1,5. Все страницы должны быть пронумерованы. Текст статьи начинается со второй страницы.

4. Объем статей (без учета иллюстраций и списка литературы)

Оригинальная статья – не более 12 страниц (бóльший объем допускается в индивидуальном порядке, по решению редакции).

Описание клинических случаев – не более 8 страниц.

Обзор литературы – не более 20 страниц.

Краткие сообщения и письма в редакцию – 3 страницы.

5. Резюме

Ко всем видам статей на отдельной странице должно быть приложено резюме на русском и английском (по возможности) языках. Резюме должно кратко повторять структуру статьи, независимо от ее тематики.

Объем резюме – не более 2500 знаков, включая пробелы. Резюме не должно содержать ссылки на источники литературы и иллюстративный материал.

На этой же странице помещаются ключевые слова на русском и английском (по возможности) языках в количестве от 3 до 10.

6. Структура статей

Оригинальная статья должна содержать следующие разделы:

- введение,
- цель,
- материалы и методы,
- результаты,
- обсуждение,
- заключение (выводы),
- вклад всех авторов в работу,
- конфликт интересов для всех авторов (в случае его отсутствия необходимо указать: «Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов»),
- одобрение протокола исследования комитетом по биоэтике (с указанием номера и даты протокола),

- информированное согласие пациентов (для статей с авторскими исследованиями и описаниями клинических случаев),
- при наличии финансирования исследования – указать его источник (грант и т. д.),
- благодарности (раздел не является обязательным).

7. Иллюстративный материал

Иллюстративный материал должен быть представлен в виде отдельных файлов и не фигурировать в тексте статьи. Данные таблиц не должны повторять данные рисунков и текста и наоборот.

Фотографии представляются в форматах TIFF, JPG с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм).

Рисунки, графики, схемы, диаграммы должны быть редактируемыми, выполненными средствами Microsoft Office Excel или Office Word.

Все **рисунки** должны быть пронумерованы и снабжены подрисовочными подписями. Фрагменты рисунка обозначаются строчными буквами русского алфавита – «а», «б» и т. д. Все сокращения, обозначения в виде кривых, букв, цифр и т. д., использованные на рисунке, должны быть расшифрованы в подрисовочной подписи. Подписи к рисункам даются на отдельном листе после текста статьи в одном с ней файле.

Таблицы должны быть наглядными, иметь название и порядковый номер. Заголовки граф должны соответствовать их содержанию. Все сокращения расшифровываются в примечании к таблице.

8. Единицы измерения и сокращения

Единицы измерения даются в Международной системе единиц (СИ).

Сокращения слов не допускаются, кроме общепринятых. Все аббревиатуры в тексте статьи должны быть полностью расшифрованы при первом упоминании (например, компьютерная томография (КТ)).

9. Список литературы

На следующей после текста странице статьи должен располагаться список цитируемой литературы.

Все источники должны быть пронумерованы, нумерация осуществляется строго по порядку цитирования в тексте статьи, не в алфавитном порядке. Все ссылки на источники литературы в тексте статьи обозначаются арабскими цифрами в квадратных скобках начиная с 1 (например, [5]). Количество цитируемых работ: в оригинальных статьях – не более 20–25, в обзорах литературы – не более 60.

Ссылки должны даваться на первоисточники, цитирование одного автора по работе другого недопустимо.

Включение в список литературы тезисов возможно исключительно при ссылке на иностранные (англоязычные) источники.

Ссылки на диссертации и авторефераты, неопубликованные работы, а также на данные, полученные из неофициальных интернет-источников, не допускаются.

Для каждого источника необходимо указать: фамилии и инициалы авторов (если авторов более 4, указываются первые 3 автора, затем ставится «и др.» в русском или «et al.» в английском в тексте). Авторы цитируемых источников должны быть указаны в том же порядке, что и в первоисточнике.

При ссылке на **статьи из журналов** после авторов указывают название статьи, название журнала, год, том, номер выпуска, страницы, DOI статьи (при наличии). При ссылке на **монографии** указывают также полное название книги, место издания, название издательства, год издания, число страниц.

Статьи, не соответствующие данным требованиям, к рассмотрению не принимаются.

Общие положения:

- Рассмотрение статьи на предмет публикации занимает не менее 8 недель.
- Все поступающие статьи рецензируются. Рецензия является анонимной.
- Редакция оставляет за собой право на редактирование статей, представленных к публикации.
- Редакция не предоставляет авторские экземпляры журнала. Номер журнала можно получить на общих основаниях (см. информацию на сайте).

Материалы для публикации принимаются через официальный сайт журнала:

<https://www.therjn.com>.

Полная версия требований представлена на сайте журнала.