

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-1-43-57>

Безрамная нейронавигация в хирургии дистальных аневризм головного мозга

Контакты:

Елена Станиславовна
Рыжкова
rzhckowa.elena@yandex.com

Е. С. Рыжкова^{1,2}, В. А. Лукьянчиков^{3,4}, И. В. Сенько⁵, Т. А. Шатохин^{3,4}, Д. В. Ховрин¹,
В. А. Далибалдян², М. В. Синкин², З. А. Барбакадзе², З. А. Кулов³, А. А. Гринь², В. В. Крылов^{3,4}

¹ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница им. С. С. Юдина Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 115446 Москва, Коломенский пр-д, 4;

²ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

³ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80;

⁴кафедра фундаментальной нейрохирургии факультета дополнительного профессионального образования ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1;

⁵ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» Федерального медико-биологического агентства России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 10

Цель исследования – сравнить результаты хирургического лечения пациентов с дистальными аневризмами средней мозговой и перикаллезной артерий, оперированных с использованием безрамной нейронавигации и без нее.

Материалы и методы. Исследование проведено на базах ГБУЗ «НИИ СП им. Н. В. Склифосовского», ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук», ГБУЗ «ГКБ им. С. С. Юдина ДЗМ» с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2023 г. В анализ включены 45 пациентов с дистальными аневризмами перикаллезной и средней мозговой артерий. С учетом методики хирургического лечения пациенты разделены на 2 группы: в 1-ю группу ($n = 21$) вошли пациенты, оперированные с использованием безрамной нейронавигации, из них 10 (47,6 %) – с дистальными аневризмами средней мозговой артерии, 11 (52,4 %) – с дистальными аневризмами перикаллезной артерии. Во 2-ю группу ($n = 24$) вошли пациенты, оперированные без использования безрамной нейронавигации, из них 10 (41,7 %) – с дистальными аневризмами средней мозговой артерии, 14 (58,3 %) – с дистальными аневризмами перикаллезной артерии.

Результаты. Использование безрамной нейронавигации помогает в поиске дистальных аневризм на основном этапе операции, уменьшает временной интервал от разреза до клипирования дистальной аневризмы ($p = 0,0001$), уменьшает длительность операции ($p = 0,0001$), однако требует больше времени для планирования доступа ($p = 0,008$). Безрамная навигация помогает определить оптимальные размеры и локализацию краниотомии для наиболее прямой и безопасной траектории подхода к дистальной аневризме ($p = 0,008$), снижает риск интраоперационного повреждения лобной пазухи ($p = 0,025$). У пациентов, у которых клипирование дистальной аневризмы осуществлялось с использованием безрамной навигации, отмечалось уменьшение частоты развития нового неврологического дефицита ($p = 0,0001$), послеоперационных ($p = 0,025$) и системных осложнений ($p = 0,005$), повторных операций ($p = 0,002$).

Заключение. Использование безрамной нейронавигации уменьшает время поиска дистальной аневризмы и длительность операции, позволяет сократить площадь краниотомии и предотвратить интраоперационное повреждение лобной пазухи, статистически значимо снижает риск развития послеоперационного неврологического дефицита и улучшает клинические исходы.

Ключевые слова: безрамная нейронавигация, дистальная аневризма, средняя мозговая артерия, перикаллезная артерия

Для цитирования: Рыжкова Е. С., Лукьянчиков В. А., Сенько И. В. и др. Безрамная нейронавигация в хирургии дистальных аневризм головного мозга. Нейрохирургия 2026;28(1):43–57.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-1-43-57>

Frameless neuronavigation in surgery of distal cerebral aneurysms

E. S. Ryzhkova^{1,2}, V. A. Lukyanchikov^{3,4}, I. V. Senko⁵, T. A. Shatokhin^{3,4}, D. V. Khovrin¹, V. A. Dalibaldyan², M. V. Sinkin², Z. A. Barbakadze², Z. A. Kulov³, A. A. Grin², V. V. Krylov^{3,4}

¹Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department; 4 Kolomensky Proezd, Moscow 115446, Russia;

²N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

³Russian Center of Neurology and Neurosciences; 80 Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;

⁴Department of Fundamental Neurosurgery, Faculty of Continuing Professional Education, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia;

⁵Federal Center for Brain and Neurotechnology, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Bld. 10, 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

Contacts: Elena Stanislavovna Ryzhkova rzhckowa.elena@yandex.com

Aim. To compare results of surgical treatment of patients with distal aneurysms of the middle cerebral and pericallosal arteries who underwent surgery with frameless neuronavigation and without it.

Materials and methods. The study was performed at the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow City Hospital named after S.S. Yudin between January 1st 2009 and December 31st 2023. Analysis included 45 patients with distal aneurysms of the pericallosal and middle cerebral arteries. Taking into account surgical technique, the patients were divided into 2 groups: the 1st group ($n = 21$) included patients who underwent surgery with frameless neuronavigation; among them 10 (47.6 %) patients had distal aneurysms of the middle cerebral artery, 11 (52.4 %) patients had distal aneurysms of the pericallosal artery. The 2nd group ($n = 24$) included patients who underwent surgery without frameless neuronavigation; among them 10 (41.7 %) patients had distal aneurysms of the middle cerebral artery, 14 (58.3 %) patients had distal aneurysms of the pericallosal artery.

Results. The use of frameless neuronavigation helps in the search for distal aneurysms during the main stage of the surgery, decreases time between dissection and clipping of a distal aneurysm ($p = 0.0001$), decreases operative time ($p = 0.0001$) but requires more time for access planning ($p = 0.008$). Frameless neuronavigation helps to determine optimal size and location of craniotomy for the most direct and safe trajectory to the distal aneurysm ($p = 0.008$), decreases the risk of intraoperative injury of the frontal sinus ($p = 0.025$). Patients, in whom distal aneurysm clipping was performed using frameless navigation, had lower rate of neurologic deficit ($p = 0.0001$), postoperative ($p = 0.025$) and systemic ($p = 0.005$) complications, repeat surgeries ($p = 0.002$).

Conclusion. The use of frameless neuronavigation decreases search time for distal aneurysms and operative time, allows to decrease craniotomy area and prevent intraoperative injury of the frontal sinus, statistically significantly decreases the risk of postoperative neurologic deficit, and improves clinical outcomes.

Keywords: frameless neuronavigation, distal aneurysm, middle cerebral artery, pericallosal artery

For citation: Ryzhkova E.S., Lukyanchikov V.A., Senko I.V. et al. Frameless neuronavigation in surgery of distal cerebral aneurysms. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(1):43–57.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-1-43-57>

ВВЕДЕНИЕ

Среди всех аневризм сосудов головного мозга частота встречаемости дистальных аневризм средней мозговой артерии (СМА) составит 1–6 %, перикаллезной артерии (ПКА) – 2–7 % [1–5]. Дистальные аневризмы, как правило, имеют небольшие размеры, тонкую стенку, отличаются неправильной формой, отсутствием сформированной шейки аневризмы, что повышает риск интраоперационного разрыва, создает трудности интраоперационной визуализации в связи с труднодоступной локализацией, узким операционным коридором, отсутствием анатомических ориентиров, вариабельностью сосудистой анатомии, что требует дополнительных хирургических решений [1–3, 6]. Эффективной опцией в хирургии дистальных аневризм является использование безрамной нейронавигации (БН).

Цель исследования – анализ результатов хирургического лечения пациентов с дистальными аневризмами СМА и ПКА, оперированных с использованием БН и без нее.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В многоцентровое ретроспективное исследование текущей практики включены 45 пациентов с дистальными аневризмами ПКА и СМА, оперированных в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского», ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук», ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ» с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2023 г. С учетом методики хирургического лечения все пациенты разделены на 2 группы. В 1-ю группу ($n = 21$) вошли пациенты, у которых клипирование дистальной аневризмы выполняли с использованием БН: 10 (47,6 %) пациентов с дистальными аневризмами СМА и 11 (52,4 %) – с дистальными аневризмами ПКА (12 женщин, 9 мужчин), из них 7 (33,3 %) пациентов имели множественные аневризмы.

Во 2-ю группу ($n = 24$) вошли пациенты, у которых клипирование дистальной аневризмы выполняли без использования БН: 10 (41,7 %) пациентов с дистальными аневризмами СМА и 14 (58,3 %) – с дистальными аневризмами ПКА (17 женщин, 7 мужчин), из них 9 (37,5 %) имели множественные аневризмы.

Локализация дистальных аневризм в группах представлена на рис. 1.

В 1-й группе 16 (76,2 %) пациентов поступили с разрывом, 4 (19 %) – без разрыва, 1 (4,8 %) пациент имел псевдотуморозный вариант течения. Во 2-й группе 21 (87,5 %) пациент поступил с разрывом, 3 (12,5 %) – без разрыва.

Среди пациентов с разрывом в 1-й группе ясное сознание наблюдали у 12 (75 %), умеренное оглушение – у 3 (18,7 %), глубокое оглушение – у 1 (6,3 %). Во 2-й группе ясное сознание наблюдали у 15 (71,4 %) пациентов, умеренное оглушение – у 3 (14,3 %), глубокое оглушение – у 3 (14,3 %). Сопор и кома в обеих группах не встречались.

При анализе результатов компьютерной томографии (КТ) головного мозга по классификации Fisher в 1-й группе выявлены следующие типы кровоизлияний: I тип – у 5 (23,8 %) пациентов; II тип – у 5 (23,8 %); III тип – у 5 (23,8 %); IV тип – у 6 (28,6 %). Во 2-й группе выявлены следующие типы кровоизлияний: I тип – у 3 (12,5 %) пациентов; II тип – у 1 (4,2 %); III тип – у 9 (37,5 %); IV тип – у 11 (45,8 %) (рис. 2).

В 1-й группе parenхиматозное кровоизлияние объемом 7–41 см³ выявлено у 5 (31,3 %) пациентов; субдуральная гематома объемом 5 см³ – у 1 (6,3 %); внутримозжечковое кровоизлияние (ВЖК) объемом 1 см³ при поступлении – у 2 (12,5 %).

Во 2-й группе parenхиматозное кровоизлияние объемом 5–64 см³ выявлено у 9 (42,9 %) пациентов; субдуральная гематома объемом 21 см³ – у 1 (4,8 %); ВЖК объемом 0,5–4 см³ – у 7 (33,3 %).

Зона ишемии объемом 74 см³ по данным КТ головного мозга выявлена только у 1 (4,8 %) пациента из 1-й группы.

Поперечная дислокация срединных структур при поступлении в 1-й группе выявлена у 2 (12,5 %) паци-

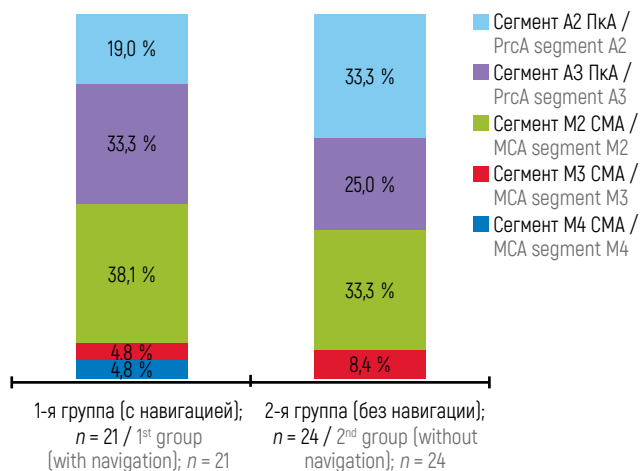


Рис. 1. Распределение дистальных аневризм по сегментам в бассейнах средней мозговой (СМА) и перикаллезной (ПКА) артерий в группах

Fig. 1. Distribution of distal aneurysms per segments in the territories of the middle cerebral (MCA) and pericallosal (PrCA) arteries

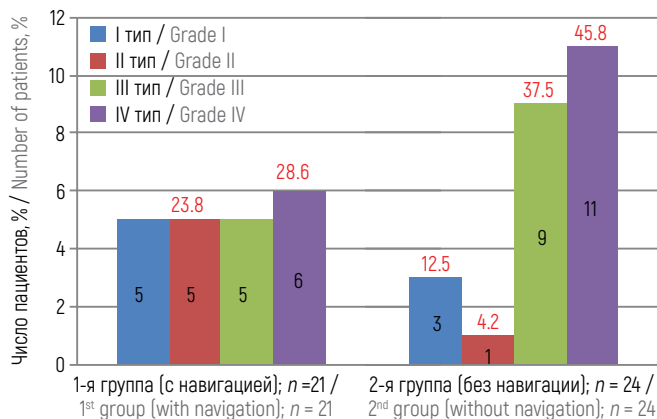


Рис. 2. Распределение пациентов по типам кровоизлияния по классификации Fisher

Fig. 2. Distribution of the patients per Fisher grade of subarachnoid hemorrhage

ентов и варьировала от 3 до 11 мм. Во 2-й группе поперечная дислокация выявлена у 2 (9,5 %) пациентов и варьировала от 3 до 5 мм. Аксиальная дислокация встречалась только в 1-й группе у 2 (12,5 %) пациентов.

Отек головного мозга при поступлении в 1-й группе выявлен у 4 (25 %) пациентов: перифокальный – у 2 (12,5 %), диффузный – у 2 (12,5 %). Во 2-й группе отек головного мозга выявлен у 8 пациентов (38 %): перифокальный – у 4 (19 %), диффузный – у 4 (19 %). Окклюзионная гидроцефалия в обеих группах не встречалась.

Обе группы на этапе госпитализации не различались по локализации аневризм ($p = 0,694$), течению заболевания ($p = 0,443$), объему внутримозговых гематом (ВМГ) ($p = 0,529$) и ВЖК ($p = 0,889$), поперечной дислокации срединных структур ($p = 0,667$), тяжести состояния по шкале Hunt–Kosnik ($p = 0,529$) и Fisher ($p = 0,156$), а также срокам хирургического лечения ($p = 0,796$).

Методика регистрации и предоперационного планирования с помощью безрамной нейронавигации

Данные предоперационной компьютерной ангиографии пациентов в формате DICOM переносили в программное обеспечение навигационной станции. Далее на аксиальных, коронарных и сагиттальных срезах компьютерной ангиографии отмечали купол, шейку аневризмы, несущую ее артерию, ветви, отходящие от купола аневризмы (при их наличии), и проходящие рядом артерии сегментов A2–A3 и M2–M3, а также лобную пазуху (рис. 3).

Это позволило на этапе планирования доступа определять оптимальные размеры и расположение краниотомии с учетом локализации и траектории подхода к аневризме, а также расположенных рядом анатомических структур – сагиттального синуса, лобной пазухи (рис. 4).

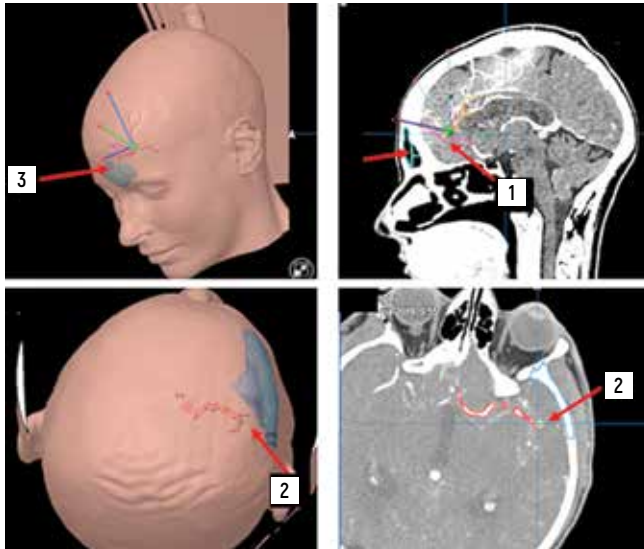


Рис. 3. Вид с экрана навигационной станции Brainlab: 1 – мешотчатая аневризма сегмента А3 перикаллезной артерии; 2 – мешотчатая аневризма сегмента М3 средней мозговой артерии; 3 – лобная пазуха

Fig. 3. View from the Brainlab navigation station's monitor: 1 – saccular aneurysm of the A3 segment of the pericallosal artery; 2 – saccular aneurysm of the M3 segment of the middle cerebral artery; 3 – frontal sinus

На этапе выпиливания костного лоскута с помощью стерильной БН повторно определяли границы, а также оптимальные размеры и локализацию краниотомии с учетом проекции дистальной аневризмы и расположенных рядом анатомических структур – лобной пазухи, верхнего сагиттального синуса (рис. 5).

После выполнения краниотомии с помощью стерильной БН перед вскрытием твердой мозговой оболочки уточняли расположение и траекторию подхода к дистальной аневризме, расстояние до нее, расположение парасинусных вен у пациентов с дистальной аневризмой ПКА. Это позволило минимизировать субарахноидальную диссекцию, а также интраоперационное воздействие на окружающие структуры головного мозга при подходе к дистальной аневризме (рис. 6).

Основной микрохирургический этап проходил в соответствии со стандартами микрохирургической техники при данной патологии.

Всем пациентам ($n = 20$) с дистальными аневризмами СМА во время операции проводили нейрофизиологический мониторинг с регистрацией соматосенсорных вызванных потенциалов, транскраниальных моторных вызванных потенциалов.

Статистический анализ

Статистический анализ проводили в программе IBM SPSS Statistics v. 26. Количественные показатели оценивали на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка. В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывали с помощью медианы и нижнего

и верхнего квартилей ($Q_1–Q_3$). Для сравнения групп по количественному признаку использовали критерии Манна–Уитни. Для сравнения групп по категориальному признаку строили четырехпольные и многопольные таблицы сопряженности и анализировали результаты с помощью χ^2 -критерия Пирсона или точного критерия Фишера. С помощью критерия Уилкоксона и теста Мак-Немара выполняли анализ частоты односторонних изменений количественного и бинарного номинального признака до и после лечения. Для построения прогностической модели использовали бинарную логистическую регрессию. Отбор факторов проводили путем исключения с применением теста Вальда. Различия между сравниваемыми группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение методик хирургического лечения в группах

Для сравнения методик хирургического лечения в группах в анализ включены следующие показатели: время основного этапа операции, длительность операции, длина кожного разреза, площадь краниотомии, интраоперационное повреждение лобной пазухи, объем кровопотери. При сравнении данных показателей с помощью критерия Манна–Уитни получены статистически значимые различия (табл. 1).

В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, дистальные аневризмы найдены и клипированы во всех наблюдениях (медиана времени 95 [80–100] мин). В 3 случаях у пациентов с множественными аневризмами дистальные аневризмы клипированы во 2-ю очередь, время клипирования варьировало от 95 до 150 мин (рис. 7).

Во 2-й группе, где БН не использовали, дистальные аневризмы клипированы у 21 (87,5 %) пациента (медиана времени 160 [140–210] мин), в 3 наблюдениях дистальные аневризмы не найдены. У 3 пациентов с множественными аневризмами дистальные аневризмы клипированы во 2-ю очередь. В 1 случае перед клипированием установлен катетер в межжировую цистерну. В данных наблюдениях время основного этапа операции варьировало от 140 до 225 мин (см. рис. 7).

В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, медиана длительности операции составила 165 [135–195] мин. У 4 пациентов за время операции клипировано несколько аневризм, время операции варьировало от 150 до 270 мин. Во 2-й группе, где БН не использовали, медиана длительности операции составила 240 [207,5–297,5] мин. В 4 наблюдениях у пациентов одновременно клипировано 2–3 аневризмы, время операции варьировало от 210 до 335 мин (рис. 8).

В 1-й группе, где использовали БН, во всех случаях выполнена костно-пластическая трепанация черепа. Медиана площади трепанации составила 42 [31–47] см².

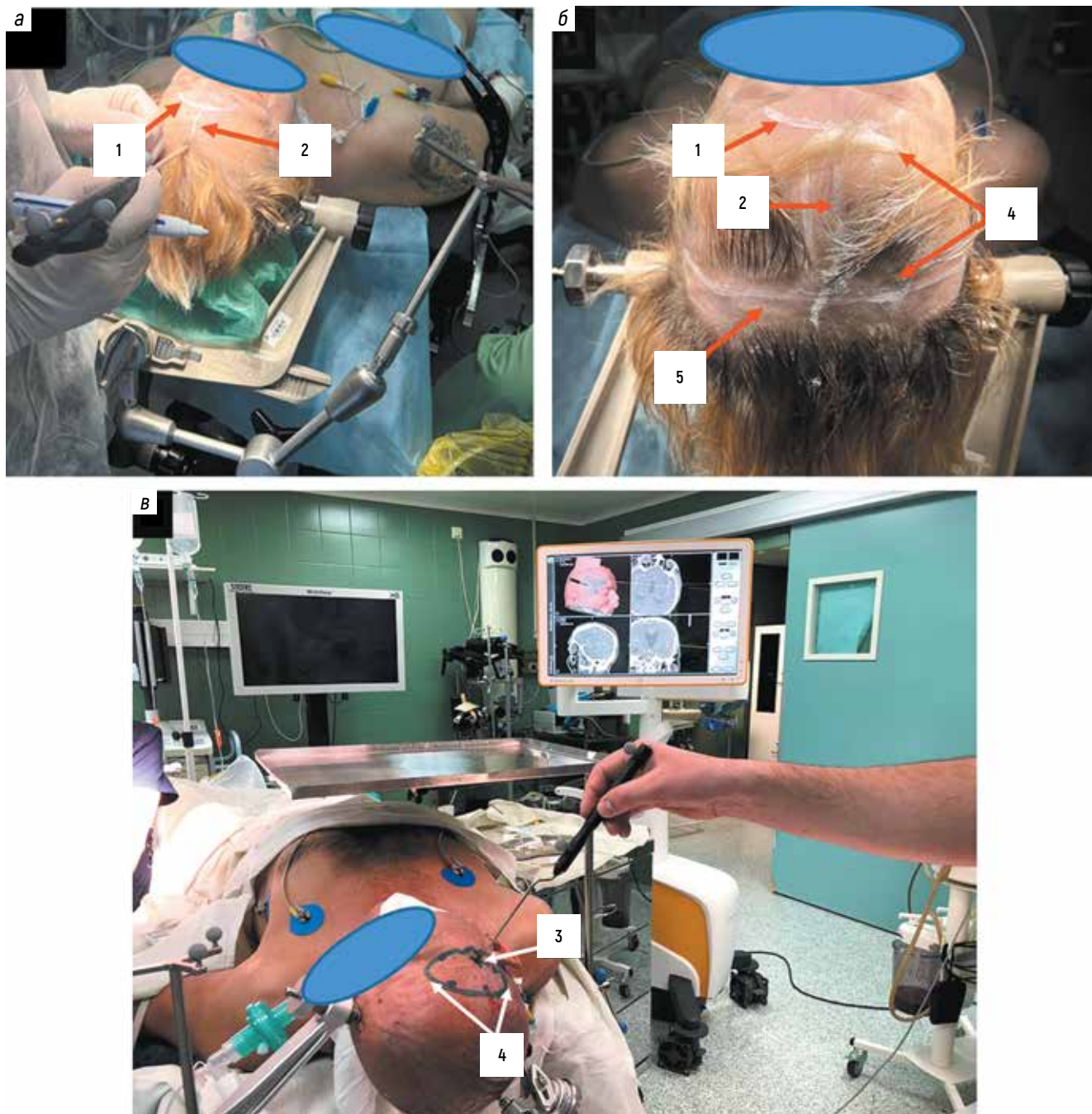


Рис. 4. Интраоперационные фотографии. Этап предоперационного планирования доступа к дистальным аневризмам перикаллезной артерии (а, б) и средней мозговой артерии (в) с помощью безрамной навигации: 1 – проекция верхней стенки лобной пазухи; 2 – проекция сагиттального синуса; 3 – проекция дистальной аневризмы средней мозговой артерии; 4 – предполагаемая краниотомия; 5 – кожный разрез

Fig. 4. Intraoperative photos. Stage of preoperative planning of access to distal aneurysms of the pericallosal artery (a, b) and middle cerebral artery (v) using frameless navigation: 1 – projection of the superior wall of the frontal sinus; 2 – projection of the sagittal sinus; 3 – projection of a distal aneurysm of the middle cerebral artery; 4 – assumed craniotomy; 5 – skin incision

Во 2-й группе, где БН не использовали, в 2 (8,3 %) случаях выполнена декомпрессивная трепанация черепа, в остальных 22 (91,7 %) наблюдениях – костно-пластическая трепанация черепа; медиана площади краниотомии составила 51 [46–68] см² (рис. 9). В 1 наблюдении выполнена повторная операция, при которой с применением БН сформирован новый доступ для оп-

тимального подхода к дистальной аневризме СМА (рис. 10).

В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, в 9 (42,9 %) наблюдениях выполняли разрез мягких тканей по Зуттеру, в 12 (57,1 %) – дугообразный разрез (медиана длины 18 [16–21] см). Во 2-й группе, где БН не использовали, в 8 (33,3 %) наблюдениях

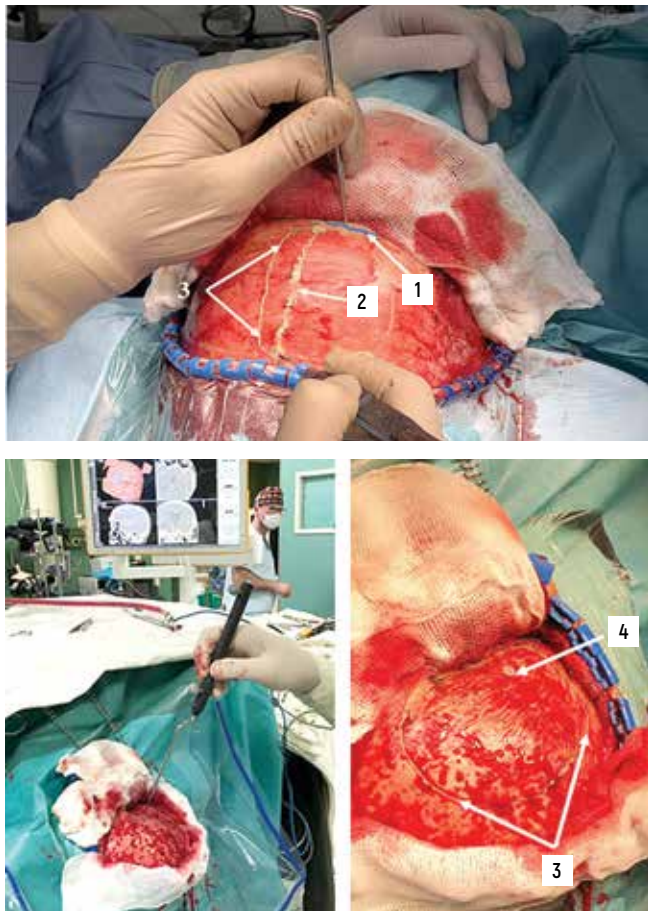


Рис. 5. Интраоперационные фотографии. Этап планирования размеров и локализации краниотомии с помощью безрамной навигации: 1 – верхняя стенка лобной пазухи; 2 – проекция сагиттального синуса; 3 – предполагаемая краниотомия; 4 – проекция дистальной аневризмы средней мозговой артерии

Fig. 5. Intraoperative photos. Stage of planning of the size and location of craniotomy using frameless navigation: 1 – superior wall of the frontal sinus; 2 – projection of the sagittal sinus; 3 – assumed craniotomy; 4 – projection of a distal aneurysm of the middle cerebral artery

Таблица 1. Сравнение 2 методик хирургического лечения в группах

Table 1. Comparison of 2 techniques of surgical treatment in the groups

Показатель Characteristic	1-я группа (с навигацией); n = 21 1 st group (with navigation); n = 21		2-я группа (без навигации); n = 24 2 nd group (without navigation); n = 24		p
	Медиана [Q ₁ -Q ₃] Median [Q ₁ -Q ₃]	Min-max	Медиана [Q ₁ -Q ₃] Median [Q ₁ -Q ₃]	Min-max	
Время основного этапа операции, мин Duration of the main stage of surgery, min	95 [80-100]	60-160	160 [140-210]	100-290	0,0001*
Длительность операции, мин Operative time, min	165 [135-195]	100-275	240 [207,5-297,5]	165-430	0,0001*
Площадь краниотомии, см ² Craniotomy area, cm ²	42 [31-47]	14-84	51 [46-68]	34-98	0,008*
Длина кожного разреза, см Length of skin incision	18 [16-21]	12-29	19 [15-27]	12-30	0,434
Объем кровопотери, мл Blood loss volume, mL	200 [100-200]	100-300	200 [200-300]	50-500	0,130

*Различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

*Differences are statistically significant (p < 0.05).

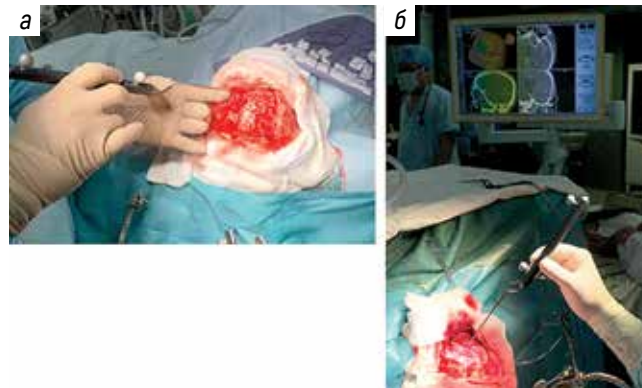


Рис. 6. Интраоперационные фотографии. Уточнение проекции, траектории подхода и расстояния до дистальной аневризмы перикаллезной артерии (а) и средней мозговой артерии (б)

Fig. 6. Intraoperative photos. Refinement of the projection, access trajectory and distance to a distal aneurysm of the pericallosal (a) and middle cerebral arteries (б)

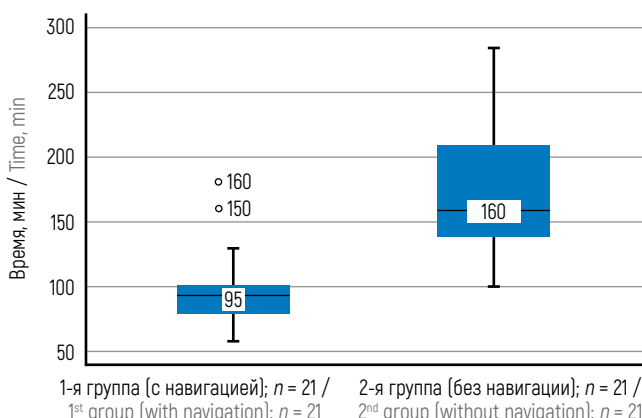


Рис. 7. Время основного этапа операции (от начала операции до клипирования дистальной аневризмы) в группах

Fig. 7. Duration of the main stage of surgery (from the start of surgery to clipping of a distal aneurysm) in the groups

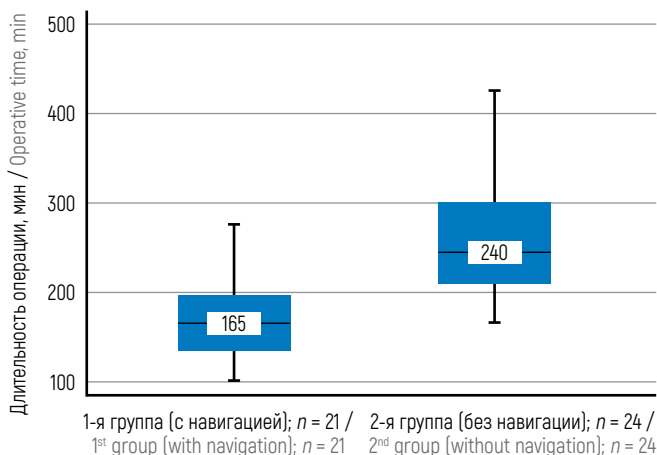


Рис. 8. Длительность операции в группах

Fig. 8. Operative time in the groups

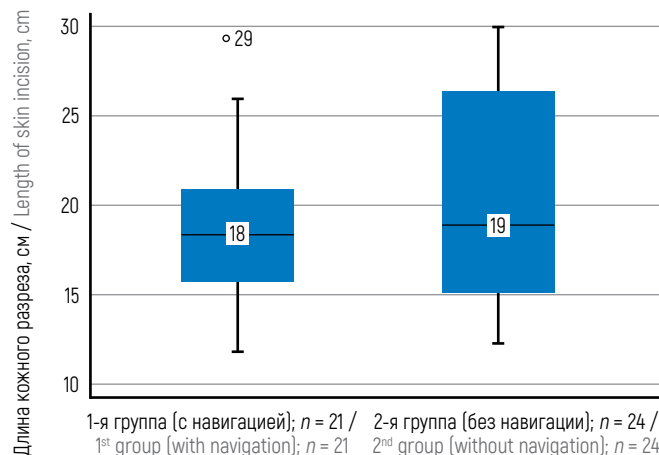


Рис. 11. Длина кожного разреза в группах

Fig. 11. Length of skin incision in the groups

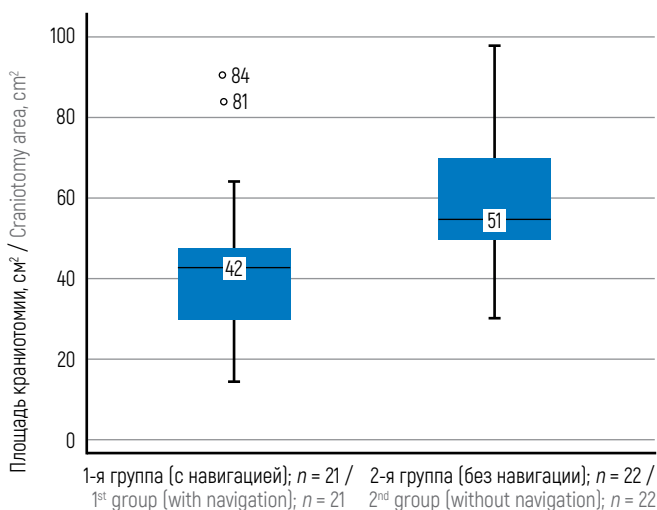


Рис. 9. Площадь краниотомии в группах

Fig. 9. Craniotomy area in the groups

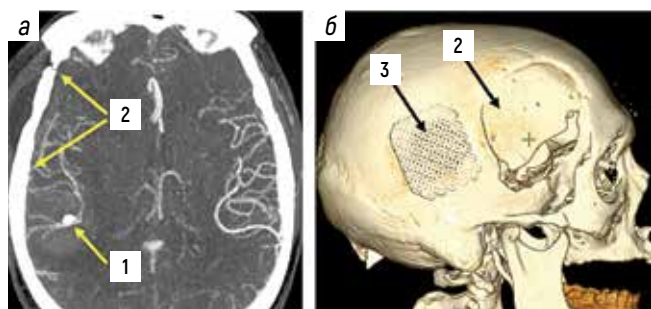


Рис. 10. Послеоперационные снимки пациента: а – компьютерная ангиография, аксиальная проекция (после 1-й операции); б – 3D-реконструкция компьютерной томографии головного мозга (после 2-й операции): 1 – дистальная аневризма сегмента М3 правой средней мозговой артерии; 2 – краниотомия (1-я операция); 3 – резекционная трепанация, краниопластика (2-я операция)

Fig. 10. Postoperative photos of a patient: а – computed angiography, axial projection (after 1st surgery); б – 3D reconstruction of computed tomography of the brain (after 2nd surgery): 1 – distal aneurysm of the M3 segment of the right middle cerebral artery; 2 – craniotomy (1st surgery); 3 – resection trephination, cranioplasty (2nd surgery)

выполняли разрез мягких тканей по Зугтеру, в 16 (66,7 %) – дугообразный разрез (медиана длины 19 [15–27] см). В 1 (4,2 %) наблюдении при повторной операции по поводу клипирования дистальной аневризмы СМА кожный разрез был адаптирован для оптимального подхода к аневризме (рис. 11).

Таким образом, в 1-й группе БН существенно сократила время основного этапа операции ($p = 0,0001$), длительность операции ($p = 0,0001$), уменьшила площадь краниотомии ($p = 0,008$). Статистически значимых различий по объему кровопотери ($p = 0,130$) и длине кожного разреза ($p = 0,434$) не выявлено. Отсутствие различий в группах по длине кожного разреза в данном случае обусловлено предпочтением подавляющего большинства нейрохирургов адаптировать кожные разрезы под возможную декомпрессивную трепанацию черепа (рис. 12).

Интраоперационное повреждение лобной пазухи при операции в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, встречалось в 1 (4,8 %) наблюдении при выполнении краниотомии в парасагиттальной лобной области и было обусловлено технической ошибкой – смещением БН во время формирования доступа. Во 2-й группе, где БН не использовали, выявлено 8 (33,3 %) случаев повреждения лобной пазухи при выполнении краниотомии в парасагиттальной лобной области ($n = 5$) и птериональной краниотомии ($n = 3$) (рис. 13).

При сравнении частоты интраоперационного повреждения лобной пазухи в зависимости от хирургической методики получены статистически значимые различия ($p = 0,025$). Повреждение лобной пазухи чаще встречалось во 2-й группе, где БН не использовали (рис. 14).

Сравнительный анализ результатов хирургического лечения

Для сравнения послеоперационных результатов хирургического лечения в группах в анализ включены



Рис. 12. Варианты кожного разреза для доступа к дистальной аневризме: а – средняя мозговая артерия, дугообразный разрез; б – перикаллезная артерия, разрез по Зуттеру

Fig. 12. Types of skin incisions for distal aneurysm access: а – middle cerebral artery, curved incision; б – pericallosal artery, Zutter incision

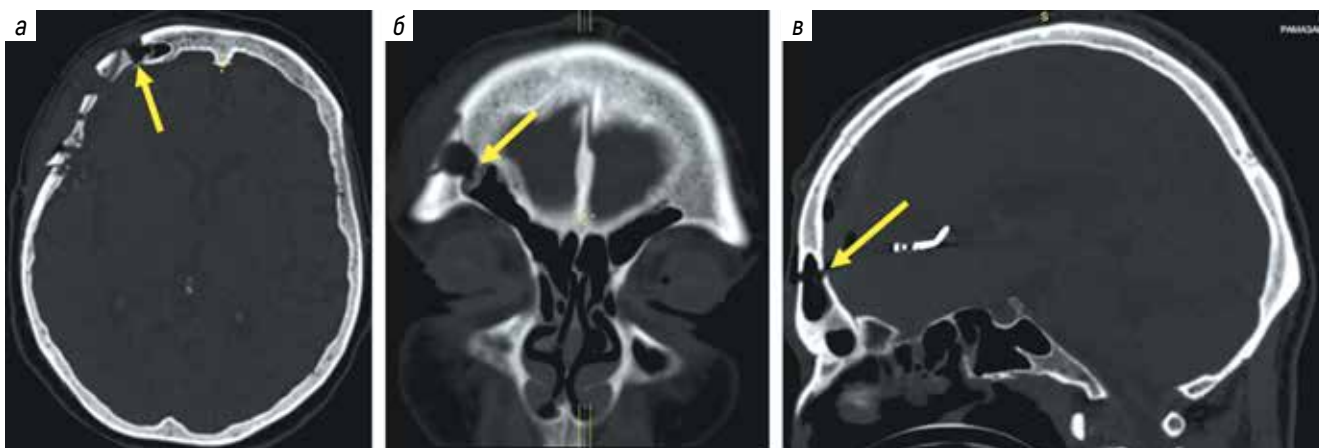


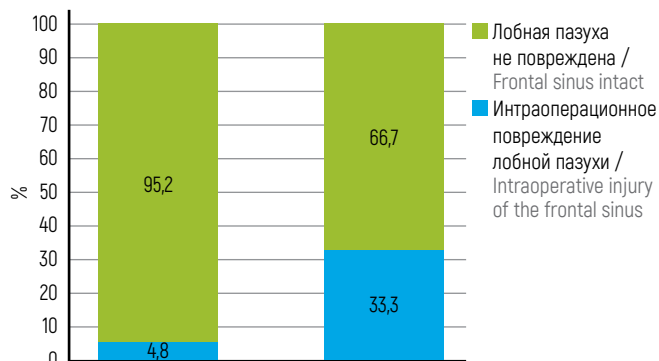
Рис. 13. Результаты компьютерной томографии головного мозга в послеоперационном периоде: примеры повреждения лобной пазухи при птериональной краниотомии (а, б), краниотомии в парасагитальной лобной области (в). Стрелкой указана вскрытая лобная пазуха

Fig. 13. Results of computed tomography of the brain the postoperative period: examples of frontal sinus injury during pterional craniotomy (а, б), craniotomy in the parasagittal frontal area (в). Arrow points at an open frontal sinus

следующие показатели: объем ВМГ, площадь ишемии, степень смещения срединных структур головного мозга. Данные показатели измерены по результатам КТ головного мозга.

В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, ВМГ встречалась в 7 (33,3 %) наблюдениях (медиана объема 14 [6,5–19,5] см³). Во всех случаях гематомы были паренхиматозными. В 1 наблюдении объем гематомы в послеоперационном периоде составил 25 см³ и был обусловлен сопутствующими отягчающими заболеваниями пациента – тромбоцитопенией, идиопатической тромбоцитарной пурпурой (рис. 15).

Во 2-й группе, где БН не использовали, ВМГ встречались в 11 (45,8 %) наблюдениях (медиана



1-я группа (с навигацией); n = 21 / 2-я группа (без навигации); n = 24 / 1st group (with navigation); n = 21 2nd group (without navigation); n = 24

Рис. 14. Интраоперационные повреждения лобной пазухи в группах
Fig. 14. Intraoperative injuries of the frontal sinus in the groups

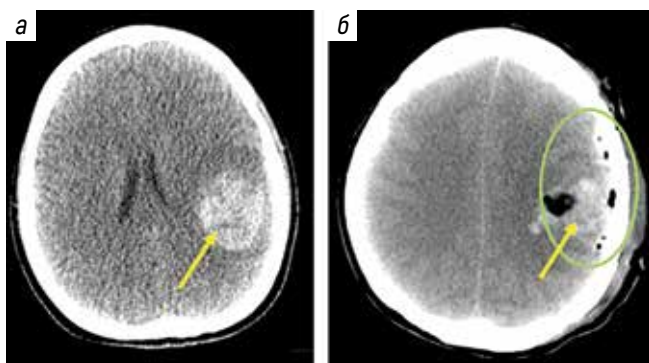


Рис. 15. Результаты компьютерной томографии головного мозга до (а) и после (б) операции. Стрелкой указана внутримозговая гематома, контуром – область операции

Fig. 15. Results of computed tomography of the brain before (a) and after (b) surgery. Arrow points at an intracerebral hematoma, outline shows surgical zone

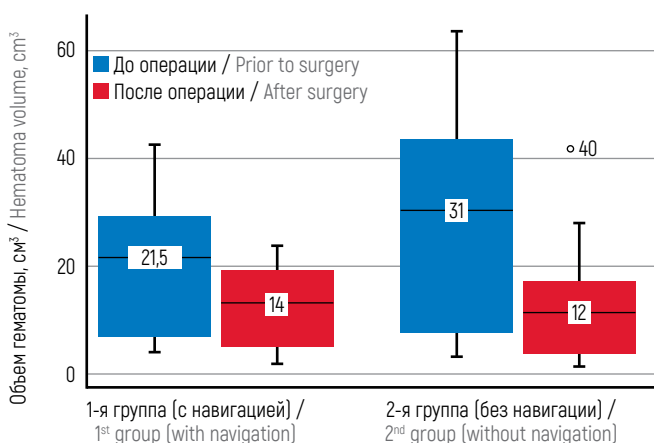


Рис. 16. Динамика объема гематом в группах до и после операции по результатам компьютерной томографии головного мозга

Fig. 16. Dynamics of hematoma volume in the groups before and after surgery per the results of brain computed tomography

объема 12 [5,5–17,5] см³). В 10 случаях гематомы были parenхиматозными, в 1 случае выявлены parenхиматозная и субдуральная гематомы общим объемом 40 см³.

Мы оценили динамику объема гематом в зависимости от методики лечения. В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, в послеоперационном периоде в 3 наблюдениях объем ВМГ полностью удален, в 3 (42,9 %) – уменьшился, в 4 (57,1 %) – ВМГ впервые выявлена. Статистически значимых изменений динамики объема ВМГ до и после операции не выявлено ($p = 0,541$).

Во 2-й группе, где БН не использовали, в послеоперационном периоде в 2 наблюдениях объем ВМГ полностью удален, в 4 (36,4 %) – уменьшился, в 2 (18,2 %) – увеличился, в 4 (36,4 %) – ВМГ впервые выявлена, в 1 (9 %) – объем гематомы не поменялся. Статистически значимых изменений динамики объема ВМГ не выявлено ($p = 0,433$).

Динамика объема ВМГ в обеих группах до и после операции представлена на рис. 16.

В 1-й группе в послеоперационном периоде новых случаев ВЖК не выявлено. Исходный объем ВЖК у наблюдаемых пациентов в 1-й группе ($p = 0,317$) и 2-й группе ($p = 0,076$) статистически значимо не менялся.

В 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, зона ишемии по данным КТ головного мозга в 1 (4,8 %) наблюдении увеличилась, в 2 (9,5 %) наблюдениях впервые выявлена: медиана объема 90 [54–93] см³. Статистически значимых изменений динамики не выявлено ($p = 0,109$). В 1 наблюдении по данным КТ головного мозга выявлен участок ишемии в зоне операции объемом 18 см³ (рис. 17, а). В 1 наблюдении у пациента при смещении БН на основном

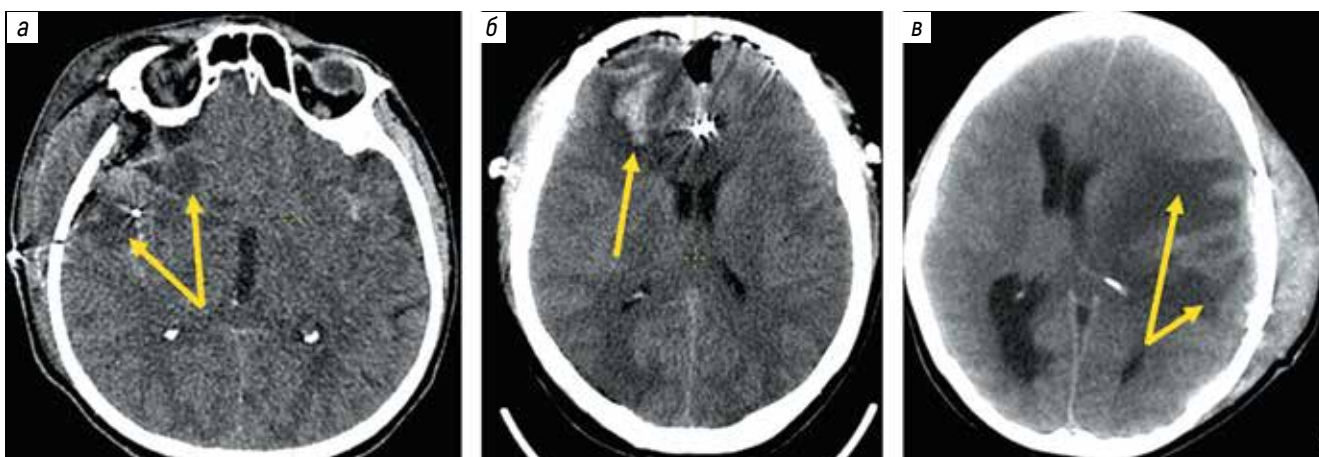


Рис. 17. Результаты компьютерной томографии головного мозга пациентов после операции, аксиальная проекция: а – участок ишемии в зоне операции объемом 18 см³; б – зона отека-ишемии в зоне операции с геморрагическим пропитыванием общим объемом 90 см³; в – увеличение зоны отека-ишемии с 41 до 96 см³. Участки ишемии указаны стрелкой

Fig. 17. Results of brain computed tomography after surgery, axial projection: а – area of ischemia in the surgical zone, volume 18 cm³; б – area of edema-ischemia in the surgical zone with hemorrhagic soak, volume 90 cm³; в – growth of edema-ischemia area from 41 to 96 cm³. Arrows point at areas of ischemia

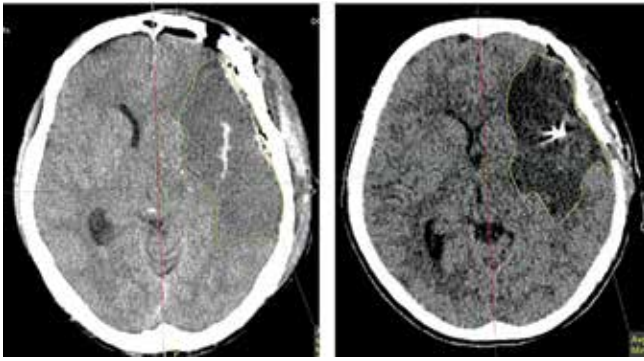


Рис. 18. Результаты компьютерной томографии головного мозга пациентов после операции, аксиальная проекция. Зоны ишемии выделены желтым контуром

Fig. 18. Results of brain computed tomography after surgery, axial projection. Areas of ischemia are outlined

этапе операции по данным КТ головного мозга выявлена зона отека-ишемии в зоне операции с геморрагическим пропитыванием общим объемом 90 см³ (рис. 17, б). В 1 наблюдении у пациента с сопутствующим заболеванием (тромбоцитопения, идиопатическая тромбоцитарная пурпура) по данным КТ головного мозга отмечалось увеличение зоны отека-ишемии с 41 до 96 см³ (рис. 17, в).

Во 2-й группе, где БН не использовали, ишемия впервые выявлена в 12 (50,0 %) наблюдениях (медиана объема 22 [13,5–77,5] см³) (рис. 18). Эти изменения по данным КТ головного мозга были статистически значимы ($p = 0,002$).

В 1-й группе, где использовали БН, смещение срединных структур встречалось в 5 (23,8 %) наблюдениях (медиана смещения 5 [4–7] мм). В 1 (20 %) наблюдении по результатам КТ головного мозга смещение уменьшилось, в 1 (20 %) – увеличилось, в 3 (60 %) – впервые выявлено. Данные изменения были статистически незначимы ($p = 0,138$). Аксиальная дислокация до и после операции встречалась в 2 наблюдениях.

Во 2-й группе, где БН не использовали, смещение срединных структур встречалось в 9 (37,5 %) наблюдениях (медиана смещения 5 [4–5] мм). В 1 наблюдении смещение срединных структур регрессировало, в 1 (11,1 %) – увеличилось, в 8 (88,9 %) – впервые выявлено. Данные изменения статистически значимы ($p = 0,04$). Аксиальная дислокация до операции по результатам КТ головного мозга не выявлена, в послеоперационном периоде встречалась в 3 (12,5 %) наблюдениях, данные изменения статистически незначимы ($p = 0,25$). Динамика смещения срединных структур в группах до и после операции представлена на рис. 19.

Описание и анализ исходов хирургического лечения пациентов с дистальными аневризмами

Для анализа исходов хирургического лечения пациентов рассмотрены следующие параметры: уровень

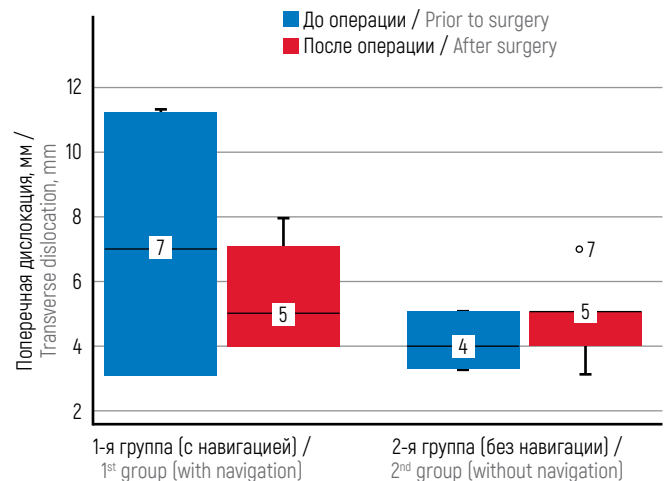


Рис. 19. Динамика поперечной дислокации срединных структур по данным компьютерной томографии головного мозга в группах до и после операции

Fig. 19. Dynamics of transverse dislocation of midline structures per brain computed tomography before and after surgery

сознания по шкале комы Глазго после операции, неврологический дефицит, послеоперационные и системные осложнения, наличие повторной операции, число дней в реанимации и стационаре, исход лечения.

При сравнении пациентов по уровню сознания по шкале комы Глазго в группах выявлены статистически значимые различия ($p = 0,013$). Эти различия объяснялись более высокой частотой встречаемости ясного сознания в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, в сравнении с грубым нарушением сознания среди пациентов во 2-й группе, где БН не использовали ($p = 0,023$). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Частота случаев появления нового очагового неврологического дефицита в послеоперационном периоде в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, выросла с 19 до 23,8 %. В 4 наблюдениях неврологический дефицит остался прежним, в 1 – выявлен впервые. Данные изменения в группе были статистически незначимы ($p = 1,000$). Во 2-й группе, где БН не использовали, частота случаев развития нового неврологического дефицита после лечения выросла с 12,5 до 54,2 %. В 3 (12,5 %) наблюдениях неврологический дефицит после операции вырос, в 10 (41,6 %) – впервые обнаружен и проявлялся угнетением сознания, двигательными нарушениями от 0 до 4 баллов, сенсомоторной афазией, зрительными нарушениями. Данные изменения в группе после операции были статистически значимы ($p = 0,002$).

При сравнении обеих групп по частоте развития нового неврологического дефицита получены статистически значимые различия ($p = 0,0001$). Частота встречаемости нового неврологического дефицита была статистически значимо выше во 2-й группе по сравнению с 1-й, где применяли БН.

Таблица 2. Результаты сравнения данных пациентов по уровню сознания в послеоперационном периоде, n (%)

Table 2. Results of comparison of patient data per consciousness level in the postoperative period, n (%)

Уровень сознания Consciousness level	1-я группа (с навигацией); n = 21 1 st group (with navigation); n = 21	2-я группа (без навигации); n = 24 2 nd group (without navigation); n = 24	p
1. Ясное сознание 1. Full consciousness	19 (90,4)	10 (41,6)	0,013; $p_{1-4, 5, 6} = 0,023$
2. Умеренное оглушение 2. Moderate obtundation	1 (4,8)	4 (16,7)	
3. Глубокое оглушение 3. Deep obtundation	0	3 (12,5)	
4. Сопор 4. Stupor	1 (4,8)	4 (16,7)	
5. Умеренная кома 5. Moderate coma	0	2 (8,3)	
6. Глубокая кома 6. Deep coma	0	1 (4,2)	

Таблица 3. Характеристики связи предикторов модели (1) с вероятностью развития неврологического дефицита (P) в послеоперационном периоде

Table 3. Characteristics of the relationship between model predictors (1) and probability of neurologic deficit (P) in the postoperative period

Предиктор Predictor	Однофакторный анализ Univariate analysis		Многофакторный анализ Multivariate analysis	
	Отношение шансов; 95 % доверительный интервал Odds ratio; 95 % confidence interval	p	Отношение шансов; 95 % доверительный интервал Odds ratio; 95 % confidence interval	p
Методика хирургического лечения Surgical technique	23,64; 2,72–205,56	0,004	379,6; 3,87–37 277,10	0,011
Церебральный ангиоспазм в послеоперационном периоде Cerebral angiospasm in the postoperative period	7,5; 1,83–30,73	0,005	52,1; 1,65–1646,82	0,025
Ишемия в послеоперационном периоде Ischemia in the postoperative period	7,5; 1,83–30,73	0,005	12,5; 0,80–180,27	0,063
Внутричерепная гематома Intracerebral hematoma	7,2; 1,75–29,48	0,006	28,4; 1,21–665,64	0,038

Нами разработана прогностическая модель для определения вероятности развития нового неврологического дефицита в послеоперационном периоде в зависимости от различных факторов методом бинарной логистической регрессии. Всего в итоговую модель вошли такие факторы, как методика хирургического лечения, церебральный ангиоспазм, ишемия, ВМГ:

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) - 100 \%;$$

$$z = -21,33 + 3,95X_{\text{ангиоспазм}} - 5,94X_{\text{методика лечения}} + 2,53X_{\text{ишемия}} + 3,35X_{\text{ВМГ}}, \quad (1)$$

где P – вероятность развития нового неврологического дефицита в послеоперационном периоде (%); $X_{\text{ангиоспазм}}$ – развитие выраженного ангиоспазма в послеоперационном периоде (0 – отсутствие, 1 – наличие);

$X_{\text{методика лечения}}$ – методика хирургического лечения (1 – БН, 2 – стандартная методика); $X_{\text{ишемия}}$ – ишемия в послеоперационном периоде (0 – отсутствие, 1 – наличие); $X_{\text{ВМГ}}$ – ВМГ (0 – отсутствие, 1 – наличие).

Полученная регрессионная модель является статистически значимой ($p = 0,0001$). Характеристики каждого из факторов, включенных в модель, представлены в табл. 3.

Пороговое значение логистической функции P определено с помощью метода анализа ROC-кривых (рис. 20).

Площадь под ROC-кривой составила $0,95 \pm 0,03$ (95 % доверительный интервал 0,9–1,0). Вероятность развития нового неврологического дефицита P в точке cut-off составила 35,1 %. При $P \geq 35,1$ % определялся высокий риск выявления неврологического дефицита, а при $P < 35,1$ % – низкий риск. Чувствительность

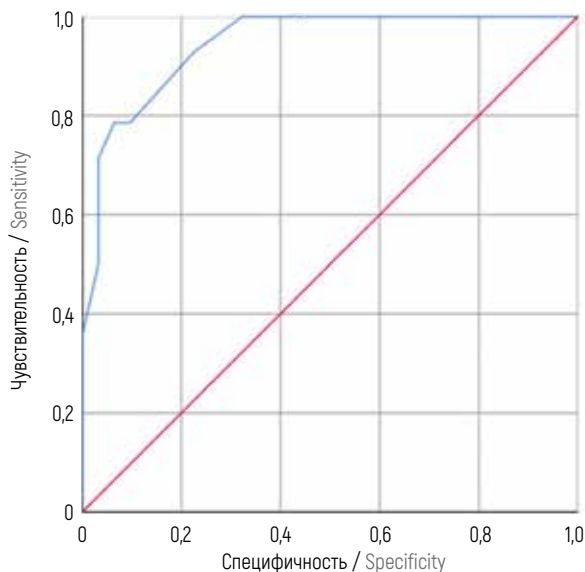


Рис. 20. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности развития нового неврологического дефицита от значений прогностической функции [1]

Fig. 20. ROC curve characterizing the relationship between probability of new neurologic deficit and prognostic function value [1]

и специфичность модели (1) при данном пороговом значении составили 85,7 и 86,7 % соответственно.

К послеоперационным осложнениям относили впервые возникшие, а также нарастающие после операции ВМГ, ишемию, смещение срединных структур головного мозга, церебральный ангиоспазм, отек головного мозга. Для простоты сравнения перечисленные показатели объединили в категорию «послеоперационные осложнения». При появлении или нарастании одного из перечисленных признаков данного пациента относили к категории послеоперационных осложнений. При сравнении частоты встречаемости послеоперационных осложнений в группах получены статистически значимые различия ($p = 0,025$). Частота встречаемости послеоперационных осложнений в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, была существенно ниже, чем во 2-й группе, где БН не использовали (47,6 и 83,3 % соответствен-

Таблица 4. Частота развития послеоперационных осложнений в группах ($p = 0,025$), n (%)

Table 4. Postoperative complication rate in the groups ($p = 0.025$), n (%)

Послеоперационные осложнения Postoperative complications	1-я группа (с навигацией); $n = 21$ 1 st group (with navigation); $n = 21$	2-я группа (без навигации); $n = 24$ 2 nd group (without navigation); $n = 24$
Имеются Present	10 (47,6)	20 (83,3)
Отсутствуют Absent	11 (52,4)	4 (16,7)

но). Полученные результаты представлены в табл. 4. Распределение послеоперационных осложнений в группах представлено на рис. 21.

При сравнении частоты встречаемости системных осложнений в послеоперационном периоде в группах выявлены статистически значимые различия ($p = 0,005$). Частота встречаемости системных осложнений была существенно ниже в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, чем во 2-й группе, где БН не использовали (14,3 и 58,3 %, соответственно). Полученные результаты представлены в табл. 5. Распределение системных осложнений в группах представлено на рис. 22.

Повторную операцию в 1-й группе проводили в 1 (4,8 %) случае. Выполняли декомпрессию трепанацию черепа в связи с нарастанием в послеоперационном периоде отека-ишемии головного мозга, поперечной дислокации (см. рис. 17, в).

Во 2-й группе в 20,8 % ($n = 5$) случаев выполняли декомпрессию трепанацию черепа, в 8,3 % ($n = 2$) — устанавливали наружный вентрикулярный дренаж и вентрикулоперитонеальный шунт, в 4,2 % ($n = 1$) — выполняли повторное клипирование дистальной

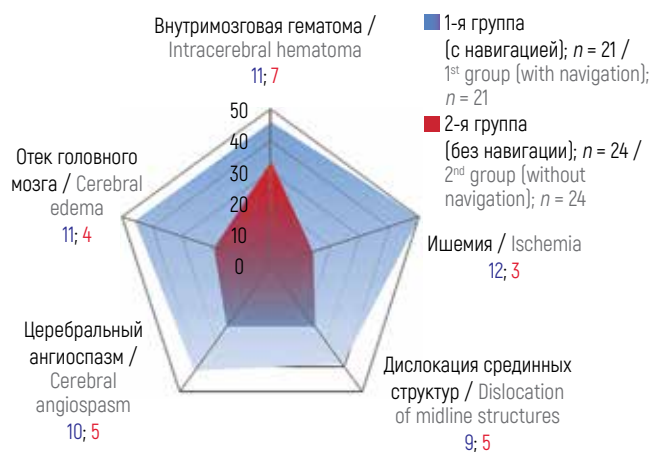


Рис. 21. Распределение послеоперационных осложнений в группах, n

Fig. 21. Distribution of postoperative complications in the groups, n

Таблица 5. Частота развития системных осложнений в группах в послеоперационном периоде ($p = 0,005$), n (%)

Table 5. Systemic complication rate in the groups in the postoperative period ($p = 0.005$), n (%)

Системные осложнения Systemic complications	1-я группа (с навигацией); $n = 21$ 1 st group (with navigation); $n = 21$	2-я группа (без навигации); $n = 24$ 2 nd group (without navigation); $n = 24$
Имеются Present	3 (14,3)	14 (58,3)
Отсутствуют Absent	18 (85,7)	10 (41,7)

- 1-я группа (с навигацией); $n = 21$ / 1st group (with navigation); $n = 21$
- 2-я группа (без навигации); $n = 24$ / 2nd group (without navigation); $n = 24$

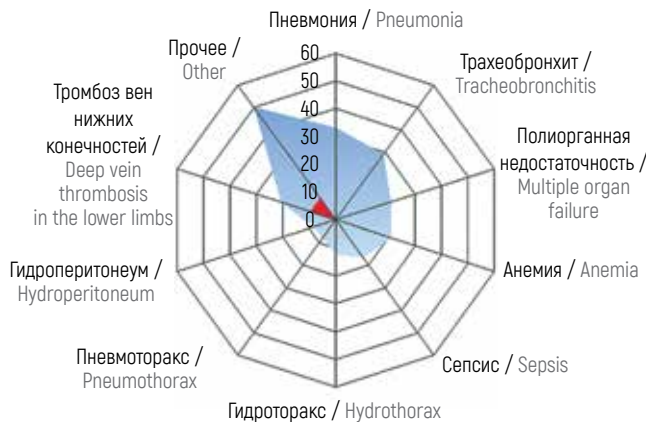


Рис. 22. Распределение системных осложнений в послеоперационном периоде в группах

Fig. 22. Distribution of systemic complications in the groups

аневризмы СМА с использованием БН, в 4,2 % ($n = 1$) – вторичную хирургическую обработку послеоперационной раны, в 4,2 % ($n = 1$) – ревизию операционной раны по поводу удаления венстрикулоперитонеального шунтирования, в 4,2 % ($n = 1$) – ревизию операционной раны по поводу удаления нетравматической острой субдуральной гематомы объемом 200 см³. Частота повторных операций была статистически значимо выше во 2-й группе ($p = 0,002$).

При сравнении групп по срокам лечения в послеоперационном периоде в реанимации выявлены статистически значимые различия ($p = 0,011$). Пациенты в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, провели в реанимации меньше дней, чем пациенты 2-й группы, где БН не использовали. Статистически значимых различий по сроками лечения в стационаре ($p = 0,119$) в группах не выявлено (табл. 6).

Частота летального исхода в послеоперационном периоде была статистически значимо выше во 2-й группе, где БН не использовали, по сравнению с 1-й груп-

пой ($p = 0,023$). При сравнении частоты исхода по 5-балльной шкале исходов Глазго в обеих группах выявлены статистически значимые различия ($p = 0,0001$). Данные различия объяснялись более высокой частотой хорошего восстановления пациентов в послеоперационном периоде в 1-й группе, где БН использовали на всех этапах операции, по сравнению со 2-й группой, где встречались случаи тяжелой инвалидизации, вегетативного состояния и летального исхода (табл. 7).

Таблица 7. Результаты сравнения частоты исхода по шкале исходов Глазго в группах в послеоперационном периоде ($p = 0,0001$), n (%)

Table 7. Results of comparison of outcomes per the Glasgow Scale in the groups in the postoperative period ($p = 0.0001$), n (%)

Сумма баллов по шкале исходов Глазго Total Glasgow Scale score	1-я группа (с навигацией); $n = 21$ 1 st group (with navigation); $n = 21$	2-я группа (без навигации); $n = 24$ 2 nd group (without navigation); $n = 24$
5	18 (85,7)	12 (50,0)
4	3 (14,3)	0
3	0	5 (20,8)
2	0	1 (4,2)
1	0	6 (25,0)

ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом нетипичной локализации дистальных аневризм (глубинное расположение и отсутствие анатомических ориентиров при поиске) наилучших результатов в хирургическом лечении позволяет добиться использование БН.

В первых работах, посвященных использованию БН в хирургии дистальных аневризм, описаны небольшие выборки больных. Авторы отмечали преимущества и удобства использования БН при клипировании дистальных аневризм, однако результаты хирургического лечения не анализировали [7–13].

Таблица 6. Результаты сравнения сроков лечения пациентов в реанимации и в стационаре в послеоперационном периоде

Table 6. Results of comparison of duration of treatment in the ICU and inpatient facility in the postoperative period

Показатель Characteristic	1-я группа (с навигацией); $n = 21$ 1 st group (with navigation); $n = 21$		2-я группа (без навигации); $n = 24$ 2 nd group (without navigation); $n = 24$		p
	Медиана [Q ₁ –Q ₃] Median [Q ₁ –Q ₃]	Min–max	Медиана [Q ₁ –Q ₃] Median [Q ₁ –Q ₃]	Min–max	
Число дней в реанимации Number of days in ICU	2 [1–7]	1–22	9 [2,0–24,5]	1–101	0,011*
Число дней в стационаре Number of days in inpatient facility	18 [12–23]	9–70	19,5 [16,0–45,5]	10–101	0,119

*Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

*Differences are statistically significant ($p < 0.05$).

Первое описание результатов хирургического лечения опубликовано Т. Тоуоока и соавт. в 2017 г. Авторы сравнивали результаты хирургического лечения в 2 группах пациентов: основной ($n = 35$), где клипирование аневризм проводили с использованием БН, и контрольной ($n = 41$), где использовали стандартную методику хирургического лечения. По мнению авторов, время основного этапа операции и размеры супраорбитальной краниотомии не различались в обеих группах; различались лишь размеры птериональной краниотомии. Однако авторы не привели данных статистического анализа полученных результатов, а среди всей выборки только 2 пациента имели дистальную локализацию аневризмы [14].

W. Dai и соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 112 пациентов с дистальными аневризмами, разделенных на 2 группы: основную ($n = 51$), где клипирование осуществляли с использованием БН, и контрольную ($n = 61$) со стандартной методикой хирургического лечения. Обе группы пациентов не различались по полу, возрасту, тяжести состояния при поступлении, локализации аневризмы. При анализе результатов хирургического лечения статистически значимых различий по длительности операции ($p = 0,340$) и объему кровопотери ($p = 0,274$) не выявлено. Длительность пребывания в стационаре в основной группе была меньше, чем в контрольной ($8,12 \pm 2,12$ дня против $8,99 \pm 1,87$ дня соответственно; $p = 0,023$). Также не получено статистически значимых различий по тяжести состояния пациентов в группах в послеоперационном периоде по шкале инсульта Национального института здоровья США ($p = 0,136$) и шкале исходов Глазго ($p = 0,401$) [15].

S. Nan и соавт. ретроспективно проанализировали результаты лечения 139 пациентов с дистальными аневризмами, из которых 103 оперированы стандартной методикой хирургического лечения, 36 — с использованием БН. Не выявлено статистически значимых различий по срокам пребывания пациентов в стационаре в обеих группах ($17,5 [16–21]$ дня против

$18 [15–22]$ дней соответственно; $p = 0,761$), объему кровопотери ($370 [280–460]$ мл против $430 [310–610]$ мл соответственно; $p = 0,045$), а также тяжести состояния пациентов в послеоперационном периоде по модифицированной шкале Рэнкина ($p = 0,157$). Авторы отметили статистически значимые различия по времени основного этапа операции в группах ($49 [42–53]$ мин против $79 [63–84]$ мин соответственно; $p < 0,001$), которое было существенно меньше при использовании БН [16].

В нашем исследовании получены статистически значимые различия по времени основного этапа операции ($p = 0,0001$), длительности операции ($p = 0,0001$), площади краниотомии ($p = 0,008$), частоте повреждения лобной пазухи ($p = 0,025$), тяжести состояния пациента по шкале исходов Глазго в послеоперационном периоде ($p = 0,0001$) и длительности лечения в реанимации ($p = 0,011$). Несмотря на противоречивые результаты исследований и небольшое число работ, посвященных анализу хирургического лечения дистальных аневризм, мы считаем БН полезным инструментом в арсенале нейрохирурга, позволяющим добиться минимальной инвазивности и максимальной безопасности, улучшить исходы хирургического лечения, снизить риски летального исхода и грубой инвалидизации пациентов в послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование БН уменьшает время поиска дистальной аневризмы, длительность операции, позволяет сократить площадь краниотомии и предотвратить интраоперационное повреждение лобной пазухи, статистически значимо снижает риск развития послеоперационного нового неврологического дефицита и улучшает клинические исходы. При использовании БН статистически значимо уменьшаются риск повторных операций, сроки пребывания пациентов в реанимации в послеоперационном периоде, а также риск развития системных осложнений.

Литература | References

1. Крылов В.В. Хирургия аневризм головного мозга. Т. 2. М.: Новое время, 2011. С. 516.
Krylov V.V. Surgery of cerebral aneurysms. V. 2. Moscow: Novoe Vremya, 2011. P. 516. (In Russ.).
2. Nussbaum E., Madison M., Goddard J. et al. Peripheral intracranial aneurysms: management challenges in 60 consecutive cases. *J Neurosurg* 2009;110(1):7–13. DOI: 10.3171/2008.6.JNS0814
3. Rodriguez-Hernandez A., Zador Z., Rodriguez-Mena R., Lawton M. Distal aneurysms of intracranial arteries: application of numerical nomenclature, predilection for cerebellar arteries, and results of surgical management. *World Neurosurg* 2013; 80(1–2):103–112. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.09.010
4. Hernesniemi J., Tapaninaho A., Vapalahti M. et al. Saccular aneurysms of the distal anterior cerebral artery and its branches. *Neurosurgery* 1992;31(6):994–9. DOI: 10.1227/00006123-199212000-00002
5. Wu C., Sun Z., Wang F. et al. Surgical managements of peripheral intracranial aneurysms. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2014;94(9): 698–700. (In Chinese).
6. Сенько И.В., Крылов В.В. Микрохирургия аневризм дистальных аневризм головного мозга. *Нейрохирургия* 2016;1:98–103. Senko I.V., Krylov V.V. Microsurgical treatment of distal cerebral aneurysms. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2016;1:98–103. (In Russ.).

7. Albert F.K., Wirtz C.R., Forsting M. et al. Image guided excision of a ruptured feeding artery “pedicle aneurysm” associated with an arteriovenous malformation in a child: case report. *Comput Aided Surg* 1997;2(1):5–10. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0150(1997)2:1<5::AID-IGS3>3.0.CO;2-3
8. Melgar M.A., Zamorano L., Jiang Z., Guthikonda M. Three-dimensional magnetic resonance angiography in the planning of aneurysm surgery. *Comput Aided Surg* 1997;2(1):11–23. DOI: 10.1002/(sici)1097-0150(1997)2:1<11::aid-igs4>3.0.co;2-q
9. Raabe A., Beck J., Rohde S., Berkefeld J. Three-dimensional rotational angiography guidance for aneurysm surgery. *J Neurosurg* 2006;105(3):406–11. DOI: 10.3171/jns.2006.105.3.406
10. Kim T., Joo S., Lee J. et al. Neuronavigation-assisted surgery for distal anterior cerebral artery aneurysm. *Minim Invasive Neurosurg* 2007;50(3):140–4. DOI: 10.1055/s-2007-985151
11. Lee S.H., Bang J.S. Distal middle cerebral artery M4 aneurysm surgery using navigation-CT angiography. *J Korean Neurosurg Soc* 2007;46(6):478–80. DOI: 10.3340/jkns.2007.42.6.478
12. Kil J.S., Kim D.W., Kang S.D. Navigation-guided keyhole approach for unruptured intracranial aneurysms. *Korean J Cerebrovasc Surg* 2011;13(3):244–8.
13. Hermann E.J., Petrakakis I., Götz F. et al. Surgical treatment of distal anterior cerebral artery aneurysms aided by electromagnetic navigation CT angiography. *Neurosurg Rev* 2015;38(3):523–30. DOI: 10.1007/s10143-015-0611-9
14. Toyooka T., Otani N., Wada K. et al. Head-up display may facilitate safe keyhole surgery for cerebral aneurysm clipping. *J Neurosurg* 2017;129(4):883–9. DOI: 10.3171/2017.5.jns162692
15. Dai W., Ling H., Sun Y. et al. The comparison of neuronavigation combined with CT three-dimensional angiography vs. CT angiography in the guidance of clipping treatment in distal intracranial aneurysm surgery: a retrospective clinical study. *Ann Transl Med* 2022;10(10):572. DOI: 10.21037/atm-22-1749
16. Han S., Qin X., Zhang W. et al. Advantages of computed tomography-based navigation in clipping distal anterior cerebral artery aneurysms: a retrospective cohort study. *Quant Imaging Med Surg* 2023;13(12):8326–35. DOI: 10.21037/qims-23-671

Вклад авторов

Е.С. Рыжкова: разработка дизайна исследования, сбор данных, статистический анализ, участие в операциях, написание текста статьи;
В.А. Лукьянчиков, В.В. Крылов: разработка дизайна исследования, участие в операциях; научное редактирование статьи;
И.В. Сенько: получение данных для анализа, участие в операциях;
Т.А. Шатохин, Д.В. Ховрин, В.А. Далибалдян, М.В. Синкин, З.А. Барбакадзе, З.А. Кулов, А.А. Гринь: участие в операциях.

Authors' contributions

E.S. Ryzhkova: study design, data collection, statistical analysis, participation in surgeries, article writing;
V.A. Lukyanchikov, V.V. Krylov: study design, participation in surgeries; scientific editing;
I.V. Senko: obtaining data for analysis, participation in surgeries;
T.A. Shatokhin, D.V. Khovrin, V.A. Dalibaldyan, M.V. Sinkin, Z.A. Barbakadze, Z.A. Kulov, A.A. Grin: participation in surgeries.

ORCID авторов / ORCID of authors

Е.С. Рыжкова / E.S. Ryzhkova: <https://orcid.org/0000-0002-5009-3669>
В.А. Лукьянчиков / V.A. Lukyanchikov: <https://orcid.org/0000-0003-4518-9874>
И.В. Сенько / I.V. Senko: <https://orcid.org/0000-0002-5743-8279>
Т.А. Шатохин / T.A. Shatokhin: <https://orcid.org/0000-0002-2864-9675>
Д.В. Ховрин / D.V. Khovrin: <https://orcid.org/0000-0002-7081-3766>
В.А. Далибалдян / V.A. Dalibaldyan: <https://orcid.org/0000-0002-5993-3310>
М.В. Синкин / M.V. Sinkin: <https://orcid.org/0000-0002-1339-8519>
З.А. Барбакадзе / Z.A. Barbakadze: <https://orcid.org/0000-0003-3835-4317>
З.А. Кулов / Z.A. Kulov: <https://orcid.org/0009-0009-4955-0234>
А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>
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 no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения г. Москвы». Исследование носило ретроспективный характер. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the local ethics committee of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia. The study was retrospective.

The patients gave written informed consent to the publication of his(their) data.

Статья поступила: 17.10.2024. **Принята к публикации:** 18.12.2025. **Опубликована онлайн:** 10.04.2026.

Article submitted: 17.10.2024. **Accepted for publication:** 18.12.2025. **Published online:** 10.04.2026.