

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДИСТАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ ГОЛОВНОГО МОЗГА

И.В. Сенько^{1,2}, В.В. Крылов^{1,2,3}, В.Г. Дашьян^{1,3}, И.В. Григорьев²

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

²ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» Федерального медико-биологического агентства России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 10;

³ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; Россия, 127473 Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1

Контакты: Илья Владимирович Сенько Senko.ilya@mail.ru

Введение. Дистальные аневризмы головного мозга – редкая патология. Имеется незначительное число публикаций, посвященных данной теме, и в основном они ограничиваются клиническими наблюдениями.

Цели исследования – определение анатомо-топографических особенностей дистальных аневризм, анализ результатов хирургического лечения с выявлением факторов риска неблагоприятного исхода, создание на этой основе алгоритма лечения пациентов, определение роли нейронавигации и ревааскуляризации в хирургии лечения дистальных аневризм головного мозга.

Материалы и методы. Проанализированы результаты хирургического лечения 153 больных с дистальными аневризмами головного мозга, поступивших в Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы в период с 1 января 2000 г. по 31 декабря 2019 г.

Результаты. Дистальные аневризмы выявлены в 4,5 % случаев от всех аневризм головного мозга. В 81,7 % наблюдений пациенты поступали с разрывом аневризмы. Локализация дистальных аневризм – чаще в бассейне перикаллезной и средней мозговой артерий; структурные показатели – маленький размер (77,5 %), широкая шейка (31,8 %) и фузиформное строение (15,7 %). Выполнены клипирование аневризм (74,5 %), треппинг (23,5 %), ревааскуляризация (5,9 %). Основные факторы риска неблагоприятного исхода: локализация и размер аневризмы, тяжесть состояния пациента по шкале Всемирной федерации нейрохирургов (mWFNS), наличие выраженного церебрального ангиоспазма.

Заключение. Созданный алгоритм хирургического лечения дистальных аневризм головного мозга с учетом факторов риска неблагоприятного исхода, а также использование нейронавигации, контроля проходимости артерий и ревааскуляризации позволяют улучшить результаты лечения данной категории пациентов.

Ключевые слова: дистальная аневризма мозга, хирургическое лечение, факторы риска, нейронавигация, ревааскуляризация

Для цитирования: Сенько И.В., Крылов В.В., Дашьян В.Г., Григорьев И.В. Хирургическое лечение дистальных аневризм головного мозга. Нейрохирургия 2022;24(3):12–22. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-12-22

Surgical treatment of distal cerebral aneurysms

I.V. Senko^{1,2}, V.V. Krylov^{1,2,3}, V.G. Dashyan^{1,3}, I.V. Grigoriev²

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

²Federal Brain and Neurotechnology Center, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Bld. 10, 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia;

³A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Ministry of Health of Russia; Bld. 1, 20 Delegatskaya St., Moscow 127473, Russia

Contacts: Ilya Vladimirovich Senko Senko.ilya@mail.ru

Background. Distal cerebral aneurysms are very rare. To date, there are very few publications on distal cerebral aneurysms and they are mostly limited to clinical case series.

Aim. To analyze anatomical characteristics of distal cerebral aneurysms and surgical outcomes, as well as to identify risk factors for a poor outcome and develop a treatment algorithm on this basis; to determine the role of neuronavigation and revascularization in the surgical treatment of distal cerebral aneurysms.

Materials and methods. We performed a retrospective analysis of surgical outcomes of 153 patients with distal cerebral aneurysms treated in N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (Moscow Healthcare Department) between January 1, 2000 and December 31, 2019.

Results. Distal cerebral aneurysms were identified in 4.5 % cases of all cerebral aneurysms; 81.7 % of patients with distal cerebral aneurysms were admitted to the hospital with ruptured aneurysms. The most frequent locations of distal cerebral aneurysms were pericallosal and middle cerebral arteries. Distal cerebral aneurysms were usually small (77.5 %), had a wide neck (31.8 %), and fusiform structure (15.7 %). Aneurysm clipping was performed in 74.5 % cases; parent artery trapping, in 23.5 % of patients; revascularization, in 5.9 % of patients. The main risk factors for a poor outcome included aneurysm size and location, patient grade on the modified scale of the World Federation of Neurosurgical Societies (mWFNS), and presence of severe vasospasm.

Conclusion. The developed surgical algorithm for distal cerebral aneurysms (based on the assessment of a poor outcome risk factors, the use of neuronavigation, arterial patency control, and revascularization) could improve surgical outcomes of patients with distal cerebral aneurysms.

Keywords: distal cerebral aneurysm, surgical treatment, risk factors, neuronavigation, revascularization

For citation: Senko I.V., Krylov V.V., Dashyan V.G., Grigoriev I.V. Surgical treatment of distal cerebral aneurysms. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2022;24(3):12–22. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-12-22

ВВЕДЕНИЕ

Дистальные аневризмы (ДА) головного мозга встречаются в 4–10 % от всех случаев аневризм головного мозга. Наиболее частые локализации ДА — бассейны следующих артерий: перикаллезной (ПКА), средней мозговой (СМА), задней мозговой (ЗМА) и задней нижней мозжечковой (ЗНМА) [1–3]. Часто ДА имеют маленький размер, широкую шейку и фузiformное строение, могут располагаться вне делений артерий и быть связаны с системной патологией соединительной ткани, атеросклерозом и бактериальной диссеминацией [2, 4–7]. Большое морфологическое и топографическое разнообразие ДА требует индивидуального подхода к выбору хирургической тактики. Результаты лечения пациентов с ДА отличаются у разных авторов и зависят от структуры исследуемых групп пациентов. Лучшие результаты лечения описаны у больных с ДА СМА, худшие — с аневризмами ПКА [3, 8].

Цель работы — создание алгоритма хирургического лечения пациентов с дистальными аневризмами головного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе результатов хирургического лечения пациентов с аневризмами головного мозга в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы» за 20 лет (с 1 января 2000 г. по 31 декабря 2019 г.).

В анализ включены 2 группы пациентов, оперированных в НИИ скорой помощи по поводу ДА головного мозга:

1) группа сравнения — 100 больных, получивших хирургическое лечение с 1 января 2000 по 31 декабря 2016 г.;

2) контрольная группа — 53 больных, пролеченных с 1 января 2017 г. по 31 декабря 2019 г. Данная группа выделена ввиду большей частоты использования ассистирующих методик, таких как нейронавигация (73,6 %), методы контроля проходимости артерий (75,4 %) и реваккуляризирующие методики (15 % случаев).

Критерии включения пациентов в исследование:

- дистальная локализация аневризмы головного мозга;
- клиническое состояние пациента, позволяющее выполнить открытое хирургическое вмешательство (более 8 баллов по шкале комы Глазго);
- отсутствие сочетания ДА с артериовенозной мальформацией головного мозга, болезнью moyama и другими сосудистыми пороками развития.

Большинство (81,7 %) больных с ДА головного мозга поступили в институт в экстренном порядке с признаками разрыва аневризмы. Плановая госпитализация пациентов с ДА была связана с псевдотуморозным типом клинического течения и/или высоким риском разрыва аневризмы. Больные с ДА эмболического типа течения были госпитализированы как в экстренном, так и в плановом порядке.

Всем пациентам при поступлении проводили клиническое обследование и неврологический осмотр; тяжесть состояния оценивали по модифицированной шкале mWFNS (modified World Federation of Neurosurgical Societies), утвержденной и опубликованной в 2016 г. [9].

При обследовании больных с разорвавшимися ДА головного мозга оценивали интенсивность внутричерепного базального кровоизлияния по шкале С.М. Fisher, внутрижелудочкового кровоизлияния — по шкале D.A. Graeb.

При компьютерной томографии (КТ) внутрисосудовых и церебральной ангиографии (ЦАГ) определяли сегментарную локализацию аневризмы согласно классификации, предложенной A. Rodriguez-Hernandez и соавт. (2013) [3]. Оценивали форму аневризмы (мешотчатая, фузиформная), размер аневризмы и ее шейки.

Пациентам с разрывами ДА операции проводились в экстренном порядке, остальным — в плановом.

Для хирургического доступа использовали систему нейронавигации Brainlab (Brainlab AG, Германия) или Medtronic StealthStation S7 (Medtronic, США). Проходимость несущих аневризмы сосудов и созданных анастомозов проверяли рядом способов:

- метод пинцетов — тест Окленда (Acland's test);
- контактная микродоплерография, система MultiDop-P (DWL, Германия);
- флоуметрия, флоуметр HT323 Transonic flow-QC meter (Transonic Systems Inc., США);
- интраоперационная ангиография с использованием индоцианина зеленого, микроскоп Pentero с модулем Infrared 800 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия).

В большинстве случаев удалось выполнить реконструктивное клипирование аневризмы, реже — окутывание и треппинг аневризмы с дистальной реваскуляризацией или без нее.

Основные типы реваскуляризирующих методов при ДА представлены на рис. 1.

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

Статистический анализ данных велся на персональном компьютере под управлением операционной системы MacOS Sierra (Apple Inc., США) с использованием программы IBM SPSS Statistics 24.0 (IBM Corp., США). Применялись описательные непараметрические методы статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы особенности клинической картины, инструментального обследования и хирургического лечения 153 пациентов с ДА головного мозга, находившихся на лечении в отделении нейрохирургии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского с 1 января 2000 по 31 декабря 2019 г.

1. Клинико-инструментальная картина

Пациенты с ДА: мужчины — 53 (34,6 %), женщины — 100 (65,4 %). Возраст — от 20 до 76 (медиана — 48) лет.

В 81,7 % ($n = 125$) случаев больные поступили с разорвавшейся ДА. При этом у 7,2 % такая аневризма сочеталась с неразорвавшейся проксимальной аневризмой (ПА). Также у пациентов ($n = 16$) с ДА выявили

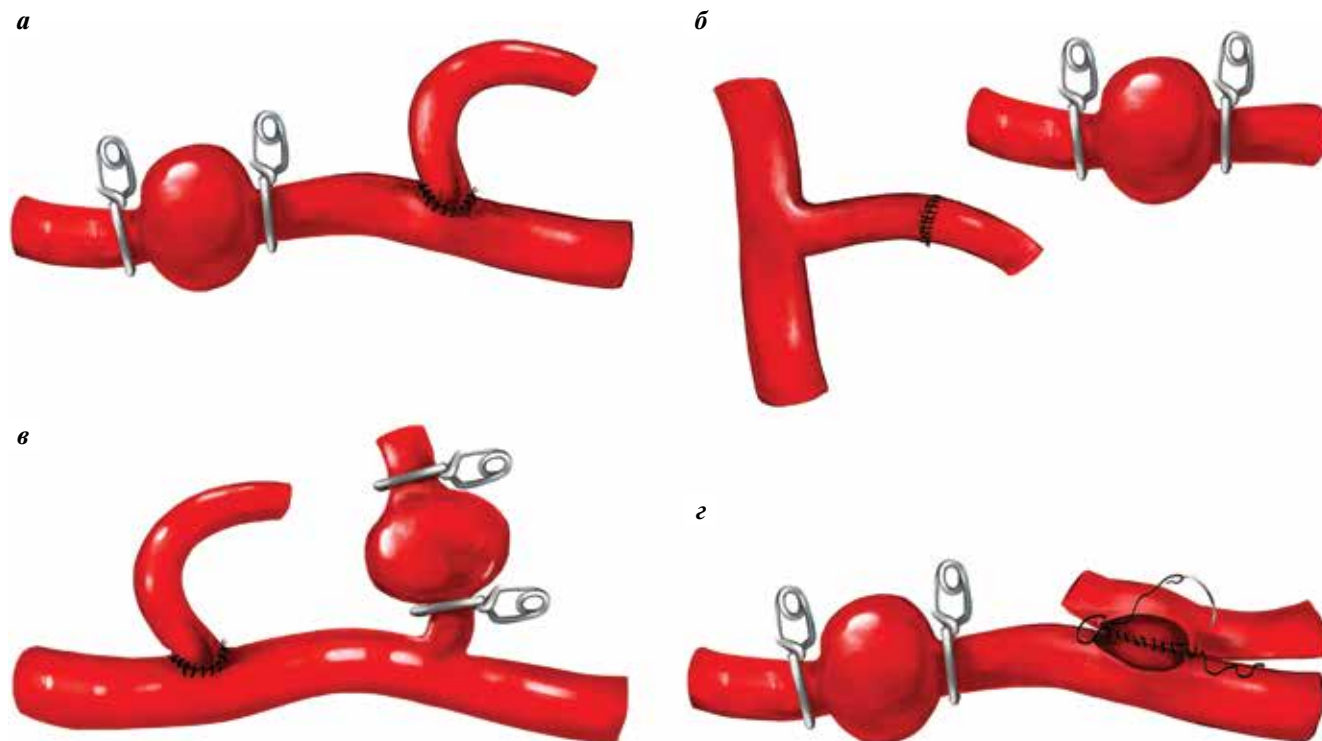


Рис. 1. Типы операций реваскуляризации в хирургии ДА головного мозга: а — экстра-интракраниальный анастомоз; б — реанастомоз; в — реимплантация; г — bypass in situ (не применялось в нашей работе)

Fig. 1. Different revascularization techniques used in patients with distal cerebral aneurysms: а — extracranial-intracranial bypass; б — reanastomosis; в — reimplantation; г — in situ bypass (not performed in our series)

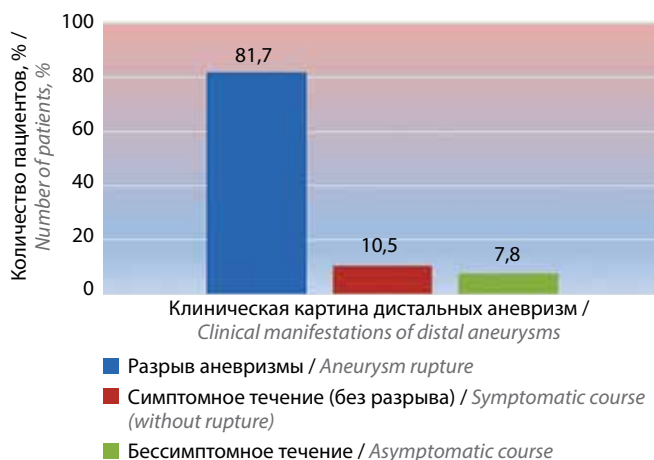


Рис. 2. Клинические проявления ДА головного мозга (n = 153)

Fig. 2. Clinical manifestations of distal cerebral aneurysms (n = 153)

псевдотуморозный тип течения в 5,9 %, эмболический тип – в 2,6 %, судорожный синдром – в 2 % наблюдений. У 7,8 % больных аневризмы были выявлены случайно (n = 12) (рис. 2).

Все пациенты без разрыва аневризмы (n = 28) поступили без нарушения уровня бодрствования.

У больных с разорвавшимися аневризмами (n = 125) наблюдалось угнетение уровня бодрствования в 39,2 % случаев: из них умеренное оглушение – 19,2 %, глубокое оглушение – 12,8 %, сопор – 7,2 %. Тяжесть состояния пациентов с разрывом аневризм по шкале mWFNS представлена на рис. 3.

Общемозговая и менингеальная симптоматика выявлена у всех больных с разрывом аневризмы головного мозга. На головную боль жаловались 24 % пациентов без разрыва ДА.

Очаговая симптоматика проявилась у 22 (17,6 %) больных с разорвавшейся ДА и у 7 (25 %) – без разрыва аневризмы. Чаще наблюдалась очаговая неврологическая симптоматика при разрывах ДА ЗМА и СМА, а также при аневризмах без разрыва ЗМА.

При разрывах ДА чаще выявлено субарахноидальное кровоизлияние IV типа по С.М. Fisher (рис. 4). Это связано с глубинным расположением данных аневризм и непосредственным прилеганием их к веществу головного мозга. Частота встречаемости внутримозговых гематом (ВМГ) при разрывах ДА составила 39,2 %, внутрижелудочковых кровоизлияний (ВЖК) – 27,2 %. Чаще ВМГ формировались при разрыве аневризм ПКА, а ВЖК – при аневризмах ЗНМА.

Объем ВМГ варьировал от 0,8 до 70 (Me = 14,0) см³. Выявлено ВЖК легкой степени тяжести (по шкале D. Graeb 1–4 балла) у 24 (70,6 %), средней степени тяжести (по шкале D. Graeb 5–8 баллов) – у 9 (26,4 %), тяжелой степени тяжести (по шкале D. Graeb 9–12 баллов) – у 1 (3 %) пациента. Окклюзионная гидроцефалия при разрывах ДА выявлена у 12 (9,6 %), дислокация мозга – у 22 (17,6 %), отек мозга – у 40 (32 %),

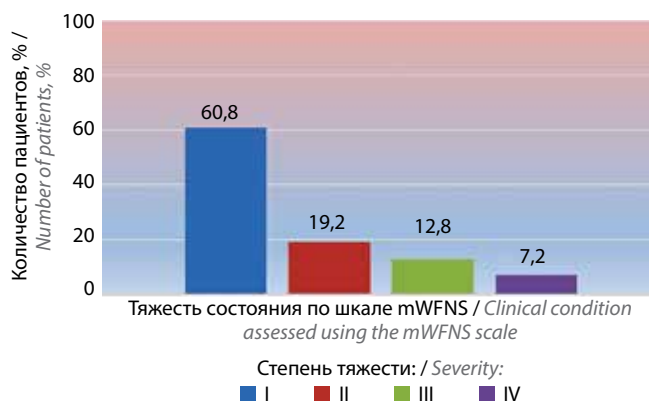


Рис. 3. Тяжесть состояния пациентов с разорвавшимися ДА (n = 125) при поступлении в стационар по модифицированной шкале mWFNS

Fig. 3. Clinical condition of patients with ruptured distal cerebral aneurysms (n = 125) assessed using the mWFNS scale

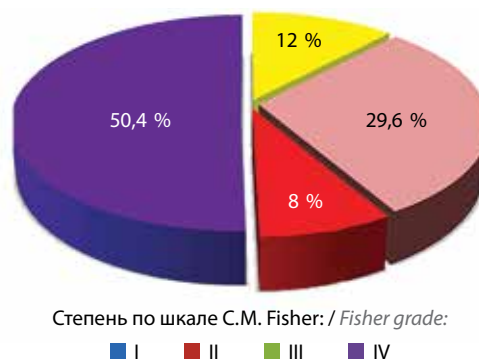


Рис. 4. Распределение пациентов с разными типами кровоизлияния при разрывах ДА по классификации С.М. Fisher (n = 125)

Fig. 4. Distribution of different types of hemorrhage caused by ruptured distal cerebral aneurysms assessed using the Fisher scale (n = 125)

перифокальный отек мозга – у 34 (27,2 %), полушарный отек – у 4 (3,2 %), тотальный – у 2 (1,6 %) больных.

Основные методы диагностики ДА: КТ-ангиография и ЦАГ, иногда их сочетание. В данном исследовании чувствительность в диагностике разорвавшихся ДА при выполнении цифровой субтракционной ЦАГ (n = 81) составила 100 %, при КТ-ангиографии внутричерепных сосудов (n = 80) – 95 %.

2. Анатомо-топографические особенности дистальных аневризм

Локализация. С 1 января 2000 г. до 31 декабря 2019 г. в НИИ скорой помощи Н.В. Склифосовского клипированы 3383 церебральные аневризмы (2836 пациентов), среди которых 153 аневризмы (4,5 %) дистальной локализации. Наш авторский коллектив провел анализ соотношения локализаций типичных ПА и ДА для каждой из мозговых артерий (табл. 1). В результате сделан вывод, что большую склонность к дистальному расположению имеют аневризмы вертебробазилярного бассейна. Так, каждая 4-я аневризма ЗМА или ЗНМА располагается дистально.

Таблица 1. Локализация проксимальных и дистальных аневризм (с января 2000 по декабрь 2019 г.)

Table 1. Distribution of cerebral aneurysms according to distal and proximal location (from Jan 1, 2000 to Dec 31, 2019)

Локализация аневризм* Aneurysm location*	ПА, n (%) PrCA, n (%)	ДА, n (%)** DCA, n (%)**	Всего Total
ПМА ACA	1353 (94,2)	83 (5,8 %)	1436
СМА MCA	849 (95,8)	37 (4,2 %)	886
ЗМА (+ бифуркация базилярной артерии) PCA (+ basilar artery bifurcation)	44 (73,4)	16 (26,6 %)	60
ЗНМА PICA	33 (70,2)	14 (29,8 %)	47
Всего Total	2279	150	2429

Примечание. ПА – проксимальные аневризмы; ДА – дистальные аневризмы; ПМА – передняя мозговая артерия; СМА – средняя мозговая артерия; ЗМА – задняя мозговая артерия; ЗНМА – задняя нижняя мозжечковая артерия.

Note. PrCA – proximal cerebral aneurysm; DCA – distal cerebral aneurysm; ACA – anterior cerebral artery; MCA – middle cerebral artery; PCA – posterior cerebral artery; PICA – posterior inferior cerebellar artery.

*Не включены аневризмы внутренних сонных артерий (n = 954). **Не учитывались «редкие» аневризмы (n = 3).

*Internal carotid artery aneurysms are not included (n = 954). **Rare aneurysms are not included (n = 3).

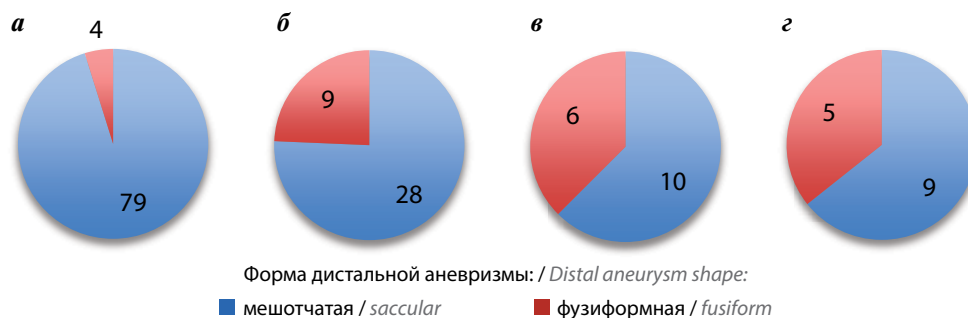


Рис. 5. Соотношение мешотчатых и фузиформных ДА (всего n = 150) разной локализации: а – ПМА (n = 83); СМА (n = 37); в – ЗМА (n = 16); г – ЗНМА (n = 14)

Fig. 5. Distribution of different distal cerebral aneurysms according to its location and shape: fusiform and saccular (total n = 150): а – ACA (n = 83); б – MCA (n = 37); в – PCA (n = 16); г – PICA (n = 14)

Проведен также анализ расположения ДА относительно сегментов соответствующих артерий. При распространении аневризмы на 2 сегмента мы относили ее к тому, где располагалась большая (>50 %) ее часть. Чаще ДА располагались на сегментах АЗ, М2 и Р2. Расположение ДА по сегментам ЗНМА было относительно равномерным (табл. 2).

Форма. Все ДА головного мозга отнесены к мешотчатым либо фузиформным. Частота фузиформных аневризм составила 15,7 %, однако их соотношение для каждой из исследуемых артерий было разным (рис. 5).

Чаще фузиформное строение имели ДА вертебро-базилярного бассейна. При этом фузиформные аневризмы более часто встречались в случаях неразорвавшихся аневризм.

Размеры. Размер ДА колебался от 1,4 до 34 (Me = 5,3) мм. В группах с мешотчатым и фузиформ-

ным строением размеры аневризм (рассмотрены только от 7 до 25 мм) различались: мешотчатые аневризмы чаще (77,5 %) были маленького размера (7 мм и менее), фузиформные – почти равномерно распределились по всем размерным категориям (табл. 3).

Значимой разницы между размерами разорвавшихся и неразорвавшихся мешотчатых аневризм в группах не выявлено. Важно отметить, что в исследовании ISUIA [10] размер разорвавшихся ДА в большинстве случаев меньше показателей, при которых рекомендуется хирургическое лечение.

Один из важных параметров ДА – размер шейки. Учитывая небольшой диаметр артерии, несущей ДА, широкой шейкой считали размер более 3 мм, и такие выявлены в 31,8 % наблюдений. Наличие широкой шейки, как и фузиформное строение ДА, служили отягощающими факторами выполнения реконструктивного клипирования.

Таблица 2. Локализация дистальных аневризм по сегментам артерий (153 пациента, НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, период с 1 января 2000 по 31 декабря 2019 г.)

Table 2. Location of distal cerebral aneurysms in different arterial segments (153 patients; N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; study period: from January 1, 2000 to December 31, 2019)

Локализация ДА головного мозга DCA location	Сегмент артерии Arterial segment	Число аневризм, n (%) Number of aneurysms, n (%)	Всего, n (%) Total, n (%)
ПМА ACA	A2 A3 A4 A5	14 (16,9) 68 (81,9) 1 (1,2) 0 (0)	83 (54,3)
СМА MCA	M2 M3 M4	21 (56,8) 13 (35,1) 3 (8,1)	37 (24,2)
ЗМА PCA	P2 P3 P4	11 (68,8) 4 (25) 1 (6,2)	16 (10,4)
ЗНМА PICA	P2 P3 P4 P5	4 (28,6) 4 (28,6) 4 (28,6) 2 (14,2)	14 (9,2)
«Редкие» аневризмы: Rare aneurysm location: ВМА SCA ПНМА AICA ЛСА LSA	s3 a3 —	1 (33,3) 1 (33,3) 1 (33,3)	3 (1,96)

Примечание. ДА — дистальные аневризмы; ПМА — передняя мозговая артерия; СМА — средняя мозговая артерия; ЗМА — задняя мозговая артерия; ЗНМА — задняя нижняя мозжечковая артерия; ВМА — верхняя мозжечковая артерия; ПНМА — передняя нижняя мозжечковая артерия; ЛСА — лентикюлостриарная артерия.

Note. DCA — distal cerebral aneurysm; ACA — anterior cerebral artery; MCA — middle cerebral artery; PCA — posterior cerebral artery; PICA — posterior inferior cerebellar artery; SCA — superior cerebellar artery; AICA — anterior inferior cerebellar artery; LSA — lenticulostriate artery.

Таблица 3. Размеры дистальных аневризм в зависимости от формы аневризмы

Table 3. Size of distal cerebral aneurysms depending on their shape

Тип аневризмы Aneurysm type	Число аневризм, n (%), определенного размера (от 7 до 25), мм Number of aneurysms, n (%) of certain size (from 7 to 25), mm			
	≤ 7	7,1–15	15,1–25	≥ 25
Мешотчатый Saccular	100 (77,5)	18 (14)	8 (6,2)	3 (2,3)
Фузиформный Fusiform	7 (29,2)	8 (33,3)	3 (12,5)	6 (25)
Всего Total	107 (69,9)	26 (17)	11 (7,2)	9 (5,9)

3. Хирургическое лечение

В настоящее время доказано преимущество микрохирургии ДА головного мозга по сравнению с эндоваскулярным способом: для микрохирургического лечения характерны большая радикальность выключения аневризмы и большая вероятность сохранения просвета несущей артерии [1, 3, 11–17].

Локализация и анатомические особенности аневризмы послужили основными факторами, определяющими нашу тактику хирургического лечения. Хирургические доступы зависели от сегмента, на котором

располагалась ДА. Максимально часто при хирургических доступах использовали нейронавигацию.

Выявлены основные методы хирургического лечения — клипирование и треппинг (табл. 4).

Клипирование чаще удалось выполнить при аневризмах ПКА (91,6 %), треппинг и окутывание — при аневризмах ЗМА (68,8 % и 12,4 % соответственно). Дистальная ревазуляризация проведена в 9 (5,9 %) наблюдениях. Треппинг или иссечение ДА чаще выполняли при фузиформном (79,2 %), чем мешотчатом (13,2 %) строении.

Таблица 4. Варианты хирургического лечения и частота их применения в зависимости от локализации дистальных аневризм

Table 4. Surgical options and their frequency depending on the location of distal cerebral aneurysms

Локализация ДА DCA location	Частота применения при разных методах хирургического лечения, n (%) Frequency of application of type of surgical treatment, n (%)			Всего аневризм, n Total number of aneurysms, n
	Клипирование Clipping	Треппинг/иссечение Trapping/Excision	Окутывание Enveloping	
ПМА ACA	76 (91,6)	6 (7,2)	1 (1,2)	83
СМА MCA	22 (59,5)	15 (40,5)	0 (0)	37
ЗМА PCA	3 (18,8)	11 (68,8)	2 (12,4)	16
ЗНМА PICA	11 (78,8)	3 (21,4)	0 (0)	14
Другие Other	2 (66,7)	1 (33,3)	0 (0)	3
Всего Total	114 (74,5)	36 (23,5)	3 (2)	153 (100)

Примечание. См. примечание к табл. 1.

Note. See the note for Table 1.

4. Нейронавигация в хирургии дистальных аневризм

За исследуемый период нейронавигацию применяли у 42 пациентов при ДА, локализующихся на ПКА, М2–М4-сегментах СМА и Р3–Р4-сегментах ЗМА.

Чаще использовали нейронавигацию в хирургии аневризм ПКА. Удалось снизить число осложнений (назальная ликворея, инфекция), связанных со вскрытием лобной пазухи, с 12,9 до 4,8 %. Расстояние от нижнего края костного окна до аневризмы в среднем уменьшили на 15,8 мм, тем самым оптимизировав хирургическую траекторию. Необходимый размер трепанационного окна стал меньше, благодаря пониманию четкой траектории до аневризмы, что привело к снижению травматичности хирургической операции.

Хирургия ДА СМА стала 2-й по частоте применения нейронавигации. Использование нейронавигации позволяет хирургу выполнить ограниченную диссекцию латеральной щели, тем самым уменьшая хирургическую агрессию. Особенно важно это при аневризме М3-, М4-сегментов СМА. Протяженность диссекции латеральной щели в нашей работе колебалась от 1,6 до 3,4 (Me = 2,1) см, при реваскуляризации – от 2,2 до 4,4 (Me = 3,1) см. Считаем, что использование нейронавигации также может привести к уменьшению размеров костного лоскута и снижению травматизации височной мышцы. В нашей работе нейронавигация помогла найти и выключить из кровотока ДА ЗМА. Все 3 операции выполнены из линейного разреза длиной не более 7 см.

5. Контроль проходимости артерий

и реваскуляризация в хирургии дистальных аневризм

Дистальные аневризмы головного мозга часто имеют маленький размер (77,5 %), широкую шейку (31,8 %)

и фузиформное строение (15,7 %). Все вышеперечисленные факторы указывают на необходимость использования интраоперационных методик, позволяющих контролировать проходимость связанных с аневризмой сосудов после клипирования аневризмы. Всего проведено 61 (39,9 %) исследование из 153 операций по поводу ДА головного мозга. Использование разных методов контроля проходимости артерий, несущих аневризму, привело к тому, что в 11 (18,1 %) наблюдениях выявлены нарушения разной степени выраженности. Коррекция: после проверки в 10,3 % изменили расположение клипса, в 3,1 % – провели наложение анастомоза. В 4,7 % случаев коррекция не проводилась, а было выполнено иссечение или треппинг аневризмы. Чаще нарушения проходимости после клипирования выявляли при ДА на ПКА и СМА.

В данной работе мы выполнили 9 реваскуляризирующих операций (5,9 % от всех операций при ДА), из них 8 – прямая реваскуляризация, 1 – непрямая (энцефалодуromиосинангиоз). Все операции выполнены только в бассейнах ПМА ($n = 2$) и СМА ($n = 7$).

Нейронавигация, контроль проходимости артерий и реваскуляризация стали шире использоваться в современной хирургии ДА (рис. 6). Считаем, и это подкрепляется нашим опытом, что развитие метода реваскуляризации в бассейне ЗНМА и ЗМА весьма перспективно.

6. Результаты хирургического лечения

Для проведения подробного анализа результатов хирургического лечения всех пациентов разделили на 2 группы: с разрывом аневризмы и без него. Кроме этого, важно было сравнить больных, которых оперировали до 2017 г. (группа сравнения) и после (контрольная группа).

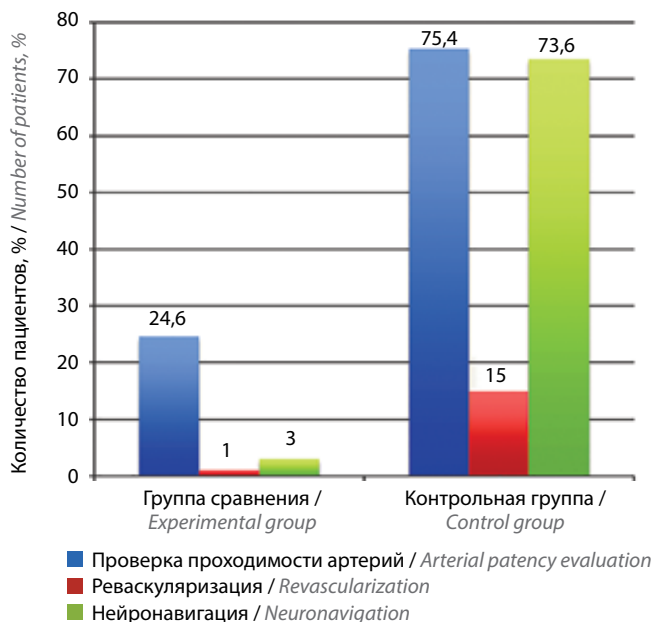


Рис. 6. Частота использования методов проверки проходимости артерий, реваскуляризации и нейронавигации в группах: сравнения (n = 100; 2000–2016 гг.) и контрольной (n = 53; 2017–2019 гг.)

Fig. 6. Frequency of using arterial patency evaluation, revascularization, neuronavigation in groups: experimental (n = 100; 2000–2016) and control (n = 53; 2017–2019)

Результаты хирургического лечения оказались предсказуемо хуже в группе с разорвавшимися ДА (рис. 7).

Проанализированы результаты хирургического лечения в зависимости от использования во время операции нейронавигации, контроля проходимости несущих аневризму артерий и применения реваскуляризации при деструктивных методах клипирования. Несмотря на то что статистически значимой разницы не выявлено (ввиду малочисленности и гетерогенности групп), прослеживается общая тенденция на улучшение результатов хирургического лечения (табл. 5).

Таким образом, очевидно, что отказ от использования данных методик служит своеобразным фактором, ухудшающим результаты хирургического лечения.

7. Создание алгоритма лечения

Определение факторов риска неблагоприятного исхода позволяет разработать алгоритм хирургического лечения данной категории больных и в некоторых ситуациях выбрать альтернативные (эндоваскулярные) методы лечения.

Пациенты с ДА, как и больные с ПА, имеют схожие факторы риска неблагоприятного исхода: наличие разрыва аневризмы, тяжесть состояния больного перед операцией (по шкале mWFNS), выраженность кровоизлияния (по шкале С.М. Fisher), наличие ВМГ, ВЖК, дислокации мозга и окклюзионной гидроцефалии, наличие и выраженность церебрального ангиоспазма, пожилой возраст пациента, локализация, размер и форма аневризмы. Однако статистически значимы-

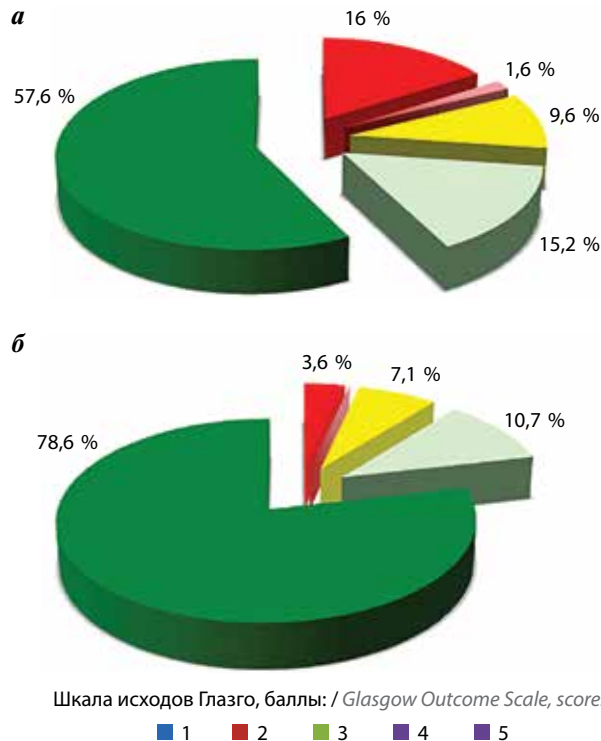


Рис. 7. Результаты (по шкале исходов Глазго) хирургического лечения аневризм головного мозга: а – ДА с разрывом; б – ДА без разрыва

Fig. 7. Surgical outcomes (Glasgow Outcome Scale) in patients with distal cerebral aneurysms: а – ruptured aneurysms; б – unruptured aneurysms

ми факторами, влияющими на исход хирургического лечения пациентов с разорвавшимися ДА в нашей работе, оказались 3 фактора: локализация аневризмы ($p = 0,005$), тяжесть состояния при поступлении по шкале mWFNS ($p = 0,002$) и наличие выраженного церебрального ангиоспазма в периоперационном периоде ($p = 0,04$). Для пациентов с неразорвавшимися ДА выявлено 2 статистически значимых фактора, влияющих на исход хирургического лечения: локализация аневризмы ($p = 0,025$) и ее размер ($p = 0,03$).

С учетом анатомо-топографических особенностей ДА, факторов риска неблагоприятного исхода и результатов хирургического лечения был разработан алгоритм лечения больных с разорвавшимися (рис. 8) и неразорвавшимися (рис. 9) ДА.

Основные дирекционные факторы алгоритма: при разорвавшихся аневризмах – жизнеугрожающая дислокация мозга и локализация аневризмы; при неразорвавшихся аневризмах – наличие масс-эффекта и локализация аневризмы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования уточнены анатомо-топографические особенности дистальных аневризм головного мозга (локализация, форма и размер аневризмы), которые влияют на выбор хирургического доступа и использование разных методов выключения аневризмы из кровотока (клипирование/треппинг).

Таблица 5. Зависимость результатов хирургического лечения дистальных аневризм от использования нейронавигации, контроля проходимости несущих аневризму артерий и применения реваскуляризации

Table 5. Correlation between surgical outcomes in patients with distal cerebral aneurysms and the use of neuronavigation, artery patency evaluation, and revascularization

Методики Methods	Исходы по шкале исходов Глазго, % Outcomes on the Glasgow outcome scale, %				
	1	2	3	4	5
Нейронавигация ($p^* = 0,076$) Neuronavigation ($p^* = 0,076$)					
Да ($n = 39$) Yes ($n = 39$)	5,1	0	5,1	10,3	79,5
Нет ($n = 114$) No ($n = 114$)	16,7	1,8	10,5	15,7	55,3
Контроль проходимости артерий ($p^* = 0,41$) Arterial patency control ($p^* = 0,41$)					
Да ($n = 61$) Yes ($n = 61$)	11,5	1,6	4,9	11,5	70,5
Нет ($n = 92$) No ($n = 92$)	15,2	1,1	12	16,3	55,4
Реваскуляризация после треппинга аневризмы ($p^* = 0,92$) Trapping followed by revascularization ($p^* = 0,92$)					
Да ($n = 8$) Yes ($n = 8$)	12,5	0	0	0	87,5
Нет ($n = 28$) No ($n = 28$)	14,3	0	17,9	28,5	39,3

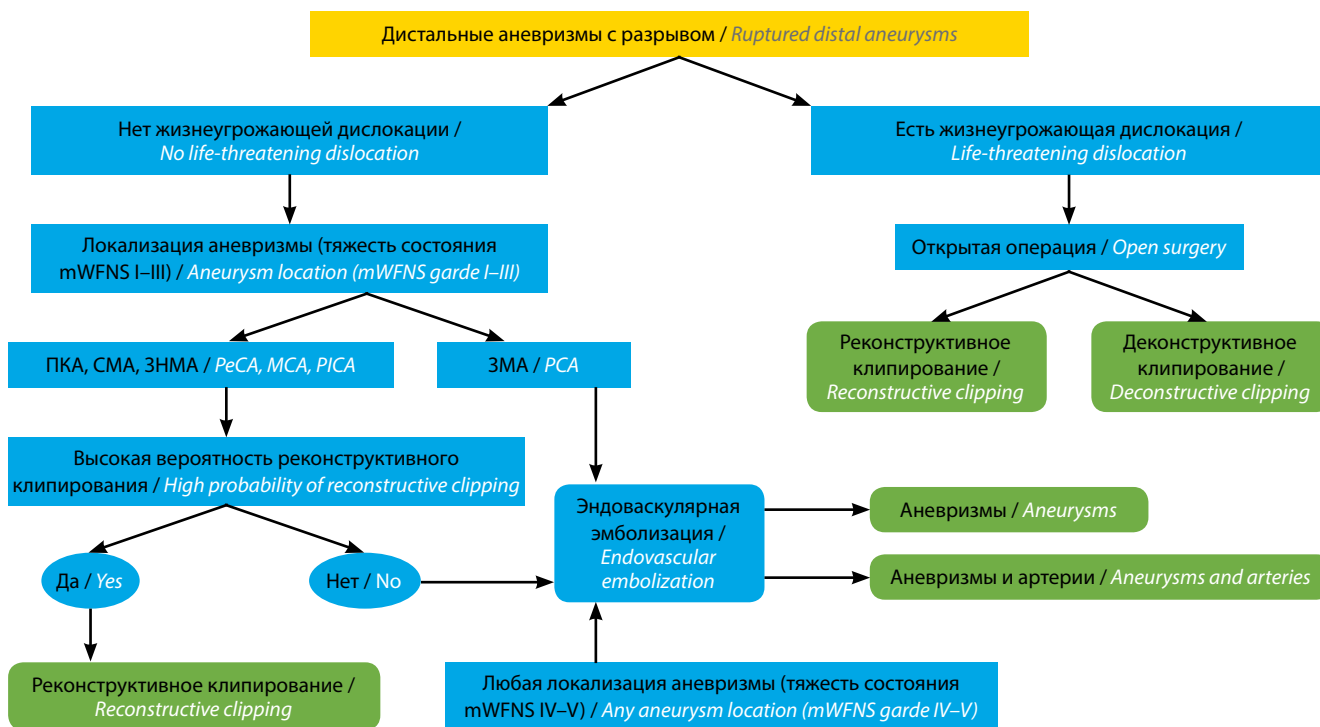
* p – критерий Краскела–Уоллиса.* p – Kruskal–Wallis test.**Рис. 8.** Алгоритм хирургического лечения пациентов с разорвавшимися ДА. См. примечание к табл. 1

Fig. 8. Algorithm of surgical treatment of patients with ruptured distal cerebral aneurysms. PeCA – pericallosal artery. See the note for Table 1

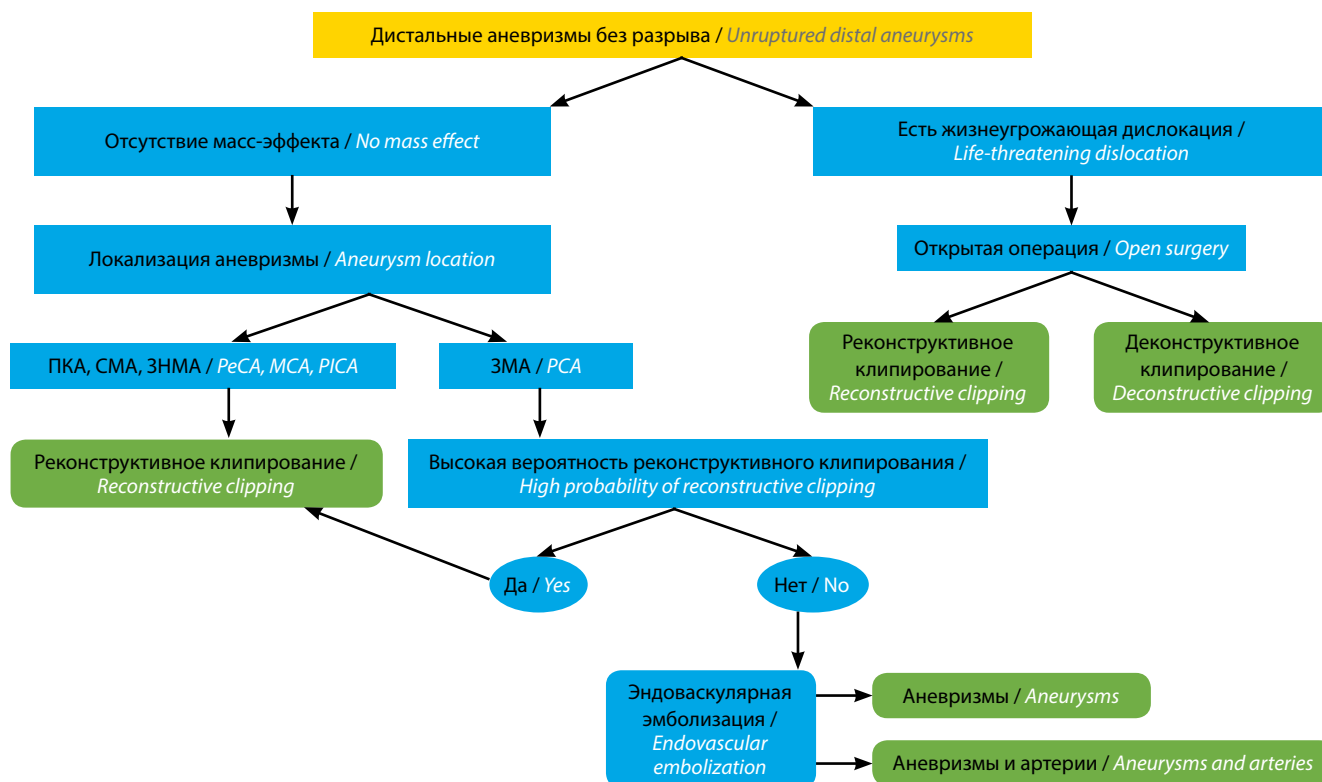


Рис. 9. Алгоритм хирургического лечения пациентов с неразорвавшимися ДА. См. примечание к табл. 1

Fig. 9. Algorithm of surgical treatment of patients with unruptured distal cerebral aneurysms. See the note for Table 1

Продemonстрировано, что использование нейронавигации в хирургии дистальных аневризм приводит к уменьшению травматичности операции, снижению частоты осложнений и улучшению результатов лечения. Выявлена необходимость выполнения контроля проходимости артерий и реваскуляризации в хирургическом лечении дистальных аневризм головного мозга. Применение данных методов в совокупности с нейронавигацией привело к снижению летальных исходов в среднем на 5 %.

Определены факторы риска неблагоприятного исхода хирургического лечения пациентов с дистальными аневризмами головного мозга: локализация и размер аневризмы, тяжесть состояния пациента по шкале mWFNS, наличие выраженного церебрального ангиоспазма.

Разработан алгоритм хирургического лечения дистальных аневризм головного мозга с учетом анатомо-топографических характеристик аневризмы и факторов риска неблагоприятного исхода.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Хирургия аневризм головного мозга. Под ред. В.В. Крылова. М.: Изд-во Т.А. Алексеева, 2011. Т. 2. 516 с.
Surgery for cerebral aneurysms. Ed. by V.V. Krylov. Moscow: Izd-vo T.A. Alekseeva, 2011. V. 2. 516 p. (In Russ.).
2. Nussbaum E.S., Madison M.T., Goddard J.K. et al. Peripheral intracranial aneurysms: management challenges in 60 consecutive cases. J Neurosurg 2009;110(1):7–13. DOI: 10.3171/2008.6.JNS0814
3. Rodriguez-Hernandez A., Zador Z., Rodriguez-Mena R., Lawton M.T. Distal aneurysms of intracranial arteries: application of numerical nomenclature, predilection for cerebellar arteries, and results of surgical management. World Neurosurg 2013;80(1–2): 103–12. DOI: 10.1016/j.wneu.2012.09.010
4. Biondi A., Jean B., Vivas E. et al. Giant and large peripheral cerebral aneurysms: etiopathologic considerations, endovascular treatment, and long-term follow-up. Am J Neuroradiol 2006;27(8):1685–92.
5. Horiuchi T., Tanaka Y., Hongo K. et al. Characteristics of distal posteroinferior cerebellar artery aneurysms. Neurosurgery 2003;53(3):589–95; discussion 595–6. DOI: 10.1227/01.neu.0000079493.50657.1d
6. Goehre F., Jahromi B.R., Hernesniemi J. et al. Characteristics of posterior cerebral artery aneurysms: an angiographic analysis of 93 aneurysms in 81 patients. Neurosurgery 2014;75(2):134–44. DOI: 10.1227/NEU.00000000000000363
7. Aguiar P., Estevao I.A., Pacheco C.C. et al. Distal anterior cerebral artery (pericallosal artery) aneurysms: report of 19 cases and literature review. Turk Neurosurg 2017;27(5):725–31. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.17412-16.2
8. 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 Chin.).

9. Sano H., Inamasu J., Kato Y. et al. Modified world federation of neurological societies subarachnoid hemorrhage grading system. *Surg Neurol Int* 2016;7(Suppl 18):S502–3. DOI: 10.4103/2152-7806.187491
10. Wiebers D.O., Whisnant J.P., Huston J. 3rd et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, risk of surgical and endovascular treatment. International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. *Lancet* 2003;362(9378):103–10. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13860-3
11. de Sousa A.A., Dantas F.L., de Cardaso G.T., Costa B.S. Distal anterior cerebral artery aneurysms. *Surg Neurol* 1999;52(2): 128–36. DOI: 10.1016/S0090-3019(99)00066-X
12. Sejkorova A., Cihlar F., Hejci A. et al. Microsurgery and endovascular treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *Neurosurg Rev* 2016;39(1):159–68. DOI: 10.1007/s10143-015-0659-6
13. Mascitelli J.R., Yaeger K., Wei D. et al. Multimodality treatment of posterior inferior cerebellar artery aneurysms. *World Neurosurg* 2017;106:493–503. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.024
14. el Beltagy M., Muroi C., Imhof H.G., Yonekawa Y. Peripheral large or giant fusiform middle cerebral artery aneurysms: report of our experience and review of literature. *Acta Neurochir Suppl* 2008;103:37–44. DOI: 10.1007/978-3-211-76589-0_8
15. Kalani M.Y.S., Ramey W., Albuquerque F.C. et al. Revascularization and aneurysm surgery: techniques, indications, and outcome in the endovascular era. *Neurosurgery* 2014;74(5):482–97; discussion 497–8. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000312
16. Petr O., Coufalova L., Bradac O. et al. Safety and efficacy of surgical and endovascular treatment for distal anterior cerebral artery aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2017;100:557–66. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.11.134
17. Petr O., Sejkorova A., Bradac O. Safety and efficacy of treatment strategies for posterior inferior cerebellar artery aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2016;158(12):2415–28. DOI: 10.1007/s00701-016-2965-3

Вклад авторов

И.В. Сенько: разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, написание статьи;

В.В. Крылов: разработка дизайна исследования, научное редактирование статьи;

В.Г. Дашьян: разработка дизайна исследования, научное редактирование;

И.В. Григорьев: редактирование статьи.

Author's contribution

I.V. Senko: research design of the study, data collection and analysis, article writing;

V.V. Krylov: research design of the study, scientific editing of the article;

V.G. Dashyan: research design of the study, scientific editing of the article;

I.V. Grigoriev: editing of the article.

ORCID авторов/ ORCID of authors:

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>

В.Г. Дашьян / V.G. Dashyan: <https://orcid.org/0000-0002-5847-9435>

И.В. Григорьев / I.V. Grigoriev: <https://orcid.org/0000-0002-1320-5772>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

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.

Статья поступила: 21.03.2022. **Принята к публикации:** 25.05.2022.

Article submitted: 21.03.2022. **Accepted for publication:** 25.05.2022.