

БЛИЖАЙШИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Для цитирования: Бобин В.В., Рожченко Л.В., Петров А.Е. и др. Ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения церебральных аневризм. Нейрохирургия 2023;25(2):10–19. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

For citation: Babinov V.V., Rozhchenko L.V., Petrov A.E. et al. Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(2):10–19. (In Russ.) DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19

ВВЕДЕНИЕ

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

Постепенное накопление данных об отдаленных результатах внутрисосудистой окклюзии аневризм по-

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

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

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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

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

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

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

ОЦЕНКА ПЕРВИЧНЫХ АНГИОГРАФИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННОГО ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

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

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

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

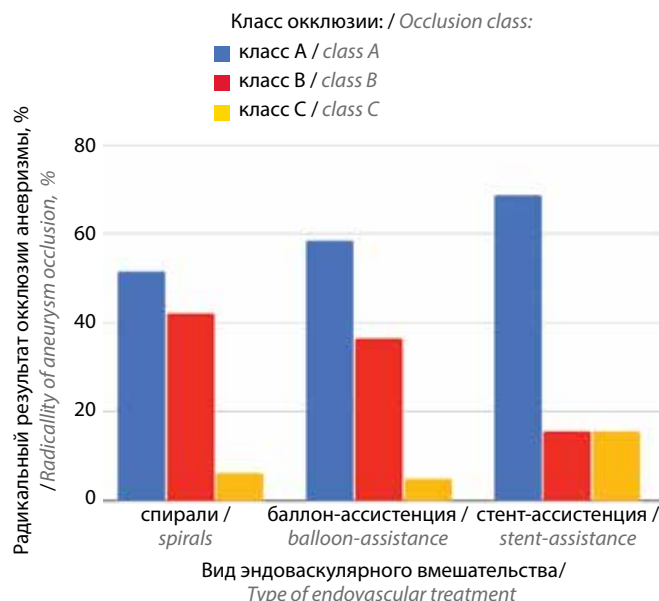


Рис. 1. Первичная радикальность окклюзии церебральных аневризм по классификации Раймонда–Роа

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

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

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

ОЦЕНКА ОТДАЛЕННЫХ АНГИОГРАФИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

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

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

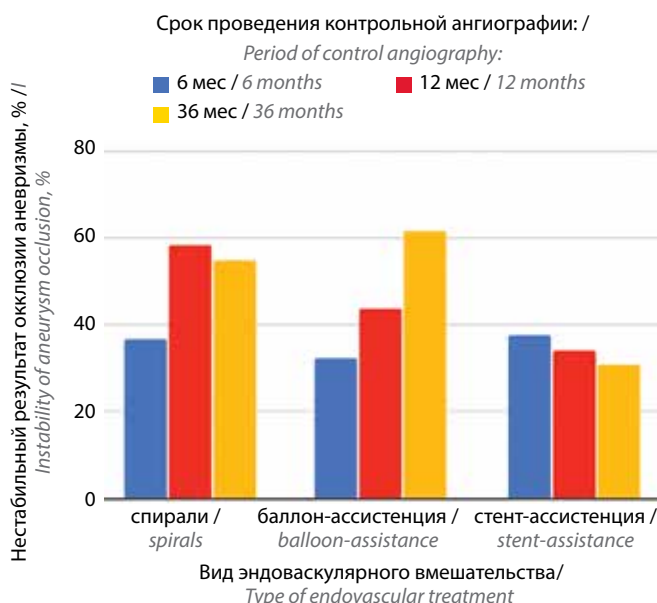


Рис. 2. Нестабильный результат окклюзии в отдаленном послеоперационном периоде

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

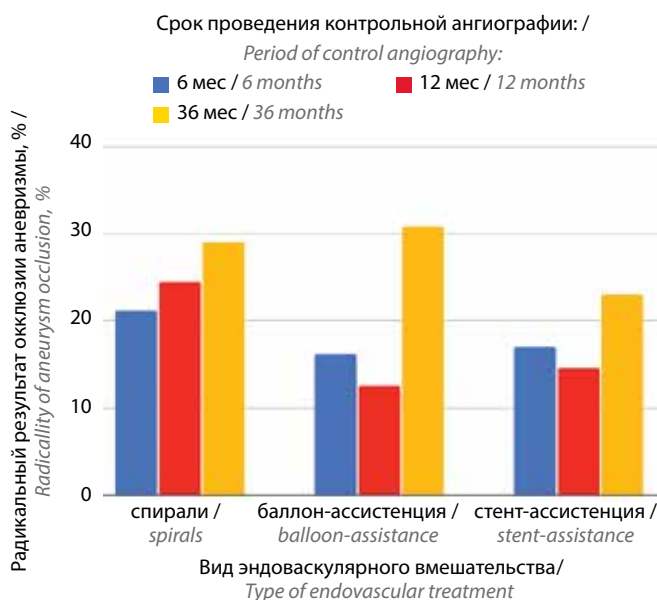


Рис. 3. Прирост радикальной окклюзии в отдаленном послеоперационном периоде

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

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

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

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

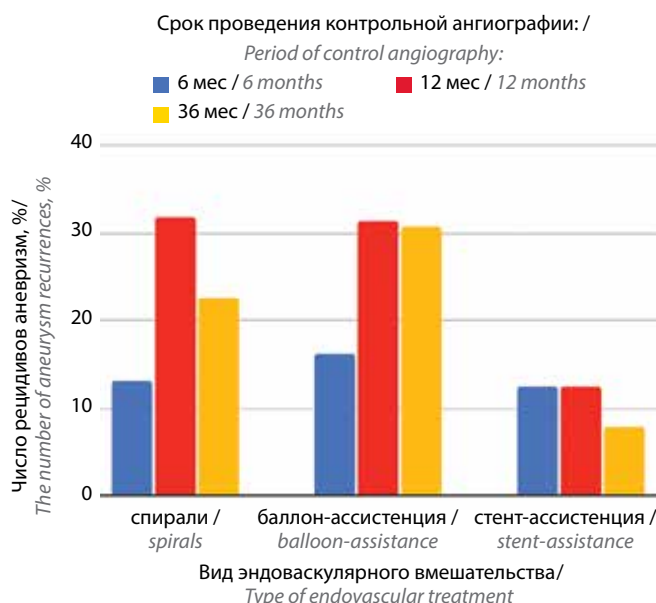


Рис. 4. Частота и сроки формирования рецидивов церебральных аневризм

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

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

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

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

ОЦЕНКА РИСКОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЦИДИВОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОБСУЖДЕНИЕ

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

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

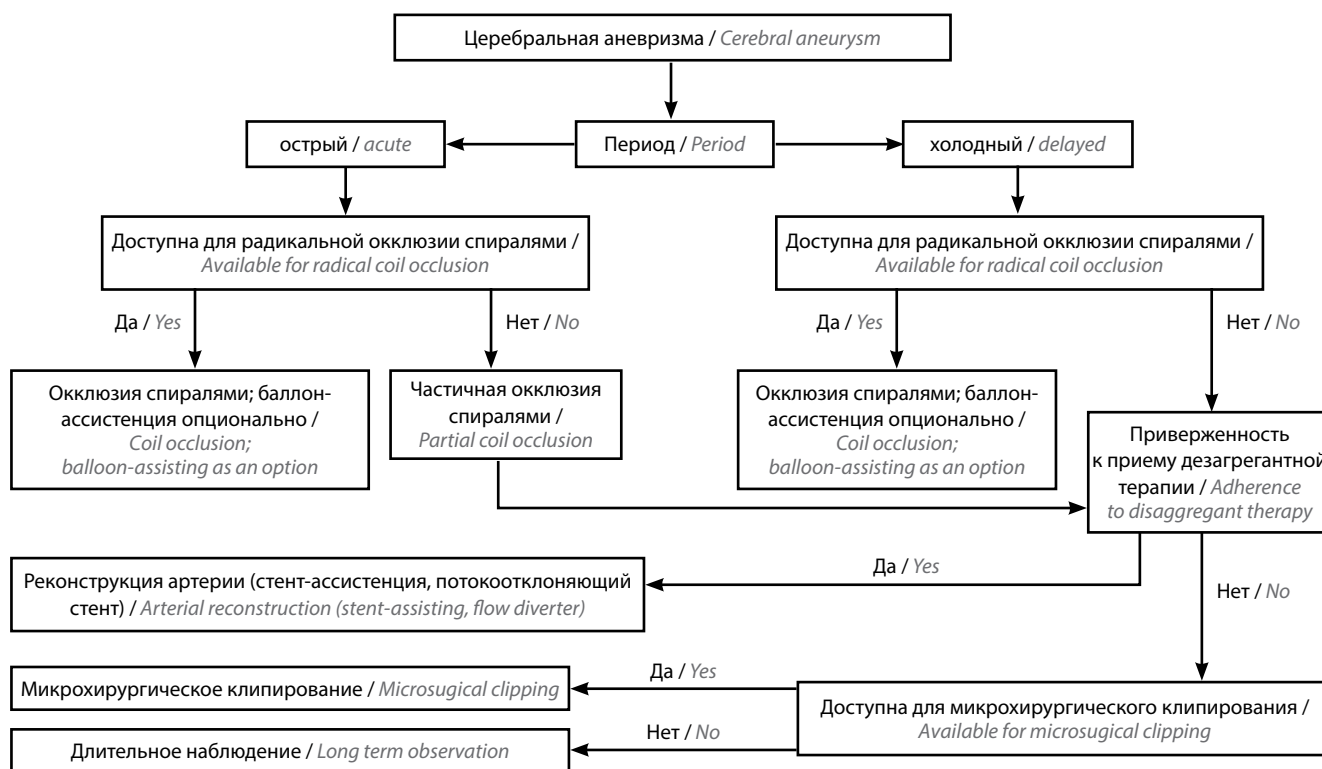


Рис. 5. Алгоритм дифференцированного отбора пациентов для эндоваскулярного лечения

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

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

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

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

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

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

В современных публикациях отмечается высокая эффективность использования стент-ассистенции при

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Brisman J.L., Song J.K., Newell D.W. Cerebral aneurysms. *N Engl J Med* 2006;355(9):928–39. DOI: 10.1056/nejmra052760
2. Хирургия аневризм головного мозга: в 3 т. Т. 1 / Под ред. В.В. Крылова. М.: Т.А. Алексеева, 2011. 432 с. Surgery for cerebral aneurysm: in 3 v. V. 2 / Ed. by V.V. Krylov. Moscow: T.A. Alekseeva, 2011. 432 p. (In Russ.).
3. Zubkov Y.N., Nikiforov B.M., Shustin V.A. Balloon catheter technique for dilatation of constricted cerebral arteries after aneurysmal SAH. *Acta Neurochir (Wien)* 1984;70(1–2):65–79. DOI: 10.1007/bf01406044
4. Fiorella D., Albuquerque F.C., Han P. et al. Preliminary experience using the Neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms. *Neurosurgery* 2004;54(1):6–16. DOI: 10.1227/01.neu.0000097194.35781.ea
5. Zhang L., Chen X., Dong L. et al. Clinical and angiographic outcomes after stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with laser-cut and braided stents: a comparative analysis of the literatures. *Front Neurol* 2021;29(12):666481. DOI: 10.3389/fneur.2021.666481
6. Molyneux A.J., Birks J., Clarke A. et al. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Lancet* 2015;385(9969):691–7. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60975-2
7. Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M. et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg* 2015;123(3):609–17. DOI: 10.3171/2014.9.JNS141749
8. Cognard C., Weill A., Castaings L. et al. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology* 1998;206(2):499–510. DOI: 10.1148/radiology.206.2.9457205
9. Gallas S., Pasco A., Cottier J.P. et al. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26(7):1723–31. PMID: 16091521
10. Aikawa H., Kazekawa K., Nagata S. et al. Rebleeding after endovascular embolization of ruptured cerebral aneurysms. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2007;47(10):439–45;disc. 446–7. DOI: 10.2176/nmc.47.439
11. Vanzin J.R., Mounayer C., Abud D.G. et al. Angiographic results in intracranial aneurysms treated with inert platinum coils. *Interv Neuroradiol* 2012;18(4):391–400. DOI: 10.1177/159101991201800405
12. Schaafsma J.D., Sprengers M.E., van Rooij W.J. et al. Long-term recurrent subarachnoid hemorrhage after adequate coiling versus clipping of ruptured intracranial aneurysms. *Stroke* 2009;40(5):1758–63. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.524751
13. Cho Y.D., Lee J.Y., Seo J.H. et al. Early recurrent hemorrhage after coil embolization in ruptured intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 2012;54(7):719–26. DOI: 10.1007/s00234-011-0950-3
14. Ando K., Hasegawa H., Suzuki T. et al. Delayed bleeding of unruptured intracranial aneurysms after coil embolization: a retrospective case series. *World Neurosurg* 2021;149:e135–e145. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.02.061
15. Jakubowski J., Kendall B. Coincidental aneurysms with tumours of pituitary origin. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978;41(11):972–9. DOI: 10.1136/jnnp.41.11.972
16. Connolly E.S. Jr, Solomon R.A. Management of symptomatic and asymptomatic unruptured aneurysms. *Neurosurg Clin N Am* 1998;9(3):509–24. PMID: 9668183
17. Ajiboye N., Chalouhi N., Starke R.M. Unruptured cerebral aneurysms: evaluation and management. *ScientificWorldJournal* 2015;2015:954954. DOI: 10.1155/2015/954954

18. Raymond J., Guilbert F., Weill A. et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003;34(6):1398–403. DOI: 10.1161/01.STR.0000073841.88563.E9
19. Bracard S., Barbier C., Derelle A.L., Anxionnat R. Endovascular treatment of aneurysms: pre, intra and post operative management. *Eur J Radiol* 2013;82(10):1633–7. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.02.012
20. Pierot L., Barbe C., Thierry A. et al. Patient and aneurysm factors associated with aneurysm recanalization after coiling. *J Neurointerv Surg* 2022;14(11):1096–101. DOI: 10.1136/neurintsurg-2021-017972
21. Debrun G.M., Aletich V.A., Kehrli P. Aneurysm geometry: an important criterion in selecting patients for Guglielmi detachable coiling. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1998;38(Suppl 1):1–20. DOI: 10.2176/nmc.38.suppl_1
22. Taqi M.A., Quadri S.A., Puri A.S. et al. A prospective multicenter trial of the transform occlusion balloon catheter: trial design and results. *Interv Neurol* 2018;7(1–2):53–64. DOI: 10.1159/000481518
23. Balaguruswamy M.M., Mohamed E., Vijayan K. et al. Balloon-assistance for the transcirculation access of a remodeling balloon for coiling of wide-necked aneurysms: report of two cases. *Neurointervention* 2021;16(2):165–70. DOI: 10.5469/neuroint.2020.00367
24. Daou B.J., Palmateer G., Linzey J.R. et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms: Head to head comparison between the Neuroform Atlas and EZ stents. *Interv Neuroradiol* 2021;27(3):353–61. DOI: 10.1177/1591019921989476
25. Luecking H., Struffert T., Goelitz P. et al. Stent-Assisted Coiling Using Leo+ Baby Stent: immediate and mid-term results. *Clin Neuroradiol* 2021;31(2):409–16. DOI: 10.1007/s00062-020-00904-3
26. Florez W.A., Garcia-Ballesteros E., Quiñones-Ossa G.A. et al. Silk® Flow diverter device for intracranial aneurysm treatment: a systematic review and meta-analysis. *Neurointervention* 2021;16(3):222–31. DOI: 10.5469/neuroint.2021.00234
27. Бобинов В.В., Петров А.Е., Горощенко С.А. и др. Исторические аспекты хирургического лечения церебральных аневризм. Ч. I. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2020;12(1):5–11. Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Historical aspects of surgical treatment of cerebral aneurysms. P. I. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2020;12(1):S.5–11. (In Russ.).
28. Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M. et al. Ten-year analysis of saccular aneurysms in the Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg* 2019;132(3):771–6. DOI: 10.3171/2018.8.JNS181846
29. Aydin K., Stracke P., Berdikhojajev M. et al. Safety, efficacy, and durability of stent plus balloon-assisted coiling for the treatment of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms. *Neurosurgery* 2021;88(5):1028–37. DOI: 10.1093/neuros/nyaa590
30. Kim J., Han H.J., Lee W. et al. Safety and efficacy of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms using low-profile stents in small parent arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* 2021;42(9):1621–6. DOI: 10.3174/ajnr.A7196
31. Xue G., Tang H., Liu P. et al. Safety and Long-term efficacy of stent-assisted coiling for the treatment of complex posterior cerebral artery aneurysms. *Clin Neuroradiol* 2021;31(1):89–97. DOI: 10.1007/s00062-019-00825-w
32. Byrne J.V., Sohn M.J., Molyneux A.J., Chir B. Five-year experience in using coil embolization for ruptured intracranial aneurysms: outcomes and incidence of late rebleeding. *J Neurosurg* 1999;90(4):656–63. DOI: 10.3171/jns.1999.90.4.0656
33. Willinsky R.A., Peltz J., da Costa L. et al. Clinical and angiographic follow-up of ruptured intracranial aneurysms treated with endovascular embolization. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(5):1035–40. DOI: 10.3174/ajnr.A1488
34. Fingerlin T.J., Rychen J., Roethlisberger M. et al. Long-term aneurysm recurrence and *de novo* aneurysm formation after surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: a cohort study and systematic review. *Neurol Res* 2020;42(4):338–45. DOI: 10.1080/01616412.2020.1726587
35. Бобинов В.В., Петров А.Е., Рожченко Л.В. и др. Микрохирургическое лечение пациента с рецидивом аневризмы передней соединительной артерии после внутрисосудистой окклюзии спиралями: случай из практики. Современные проблемы науки и образования 2021;3:192. DOI: 10.17513/spno.30693 Bobinov V.V., Petrov A.E., Rozhchenko L.V. et al. Microsurgical treatment of a patient with recurrent anterior communicating artery aneurysm after endovascular spiral occlusion. A case report. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education 2021;3:192. DOI: 10.17513/spno.30693
36. Бобинов В.В., Петров А.Е., Горощенко С.А. Реконструкция артерии с помощью потокотклоняющего стента как метод лечения рецидива аневризмы внутренней сонной артерии: случай из практики. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2021;13(3):41–5. (In Russ.). Bobinov V.V., Petrov A.E., Goroshchenko S.A. et al. Reconstruction of an artery with a flow-diverter as a method of treatment of recurrence of internal carotid artery aneurysm: case report. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2021;13(3):41–5. (In Russ.).
37. Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Горощенко С.А. и др. Ближайшие и отдаленные результаты внутрисосудистой окклюзии церебральных аневризм отделяемыми спиралями. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова 2022;14(2):29–36. Bobinov V.V., Rozhchenko L.V., Goroshchenko S.A. et al. Immediate and long-term results of endovascular occlusion of cerebral aneurysms with detachable coils. Rossijskij nejroxirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova = Russian Journal of Neurosurgery 2022;14(2):29–36. (In Russ.).
38. Рожченко Л.В., Бобинов В.В., Петров А.Е. и др. Клеточные, генетические и эпигенетические механизмы роста церебральных аневризм. Современные проблемы науки и образования 2021;2:186–95. Rozhchenko L.V., Bobinov V.V., Petrov A.E. et al. Cellular, genetic and epigenetic mechanisms of cerebral aneurysm growth. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education 2021;2:186–95. (In Russ.).

Вклад авторов

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

Author's contribution

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

ORCID авторов / ORCID of authors

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

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

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

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