



<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.4.041>
УДК 616.8-007



Бобинов В.В.✉, Петров А.Е., Горощенко С.А., Коломин Е.Г., Мамонов Н.А.,
Самочерных К.А., Рожченко Л.В.

Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт
имени профессора А.Л. Поленова – Национальный медицинский исследовательский
центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

Рецидивы церебральных аневризм после эндоваскулярного лечения

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования – Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Самочерных К.А.; сбор материала – Бобинов В.В., Горощенко С.А., Мамонов Н.А.; статистическая обработка данных, анализ и интерпретация результатов, написание текста – Бобинов В.В., Коломин Е.Г.; редактирование – Рожченко Л.В., Горощенко С.А., Петров А.Е.

Подана: 15.11.2023

Принята: 11.12.2023

Контакты: nevro.bobinov@yandex.ru

Резюме

Введение. Данная работа посвящена изучению частоты, сроков формирования и выявлению факторов риска формирования рецидивов церебральных аневризм после внутрисосудистого лечения.

Цель. Оценить частоту, факторы риска, сроки формирования рецидивов церебральных аневризм после эндоваскулярного лечения.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ результатов обследования и лечения 177 пациентов от 18 до 75 лет с церебральными аневризмами, оперированных в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова с 2013 по 2016 г. и проходивших контрольные обследования в последующие месяцы до 2021 г.

Результаты. Вероятность формирования рецидива аневризмы после ее изолированной окклюзии спиралями составила 22,5% ($p < 0,05$), после окклюзии аневризмы спиралями с использованием методики баллон-ассистенции – 26,1% ($p < 0,05$), при использовании стент-ассистенции – 10,8% ($p < 0,05$). Выявлены основные предикторы формирования рецидива аневризмы в отдаленном послеоперационном периоде: крупный размер (15–25 мм) аневризмы, перенесенное внутримозговое кровоизлияние из аневризмы, применение как изолированной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями, так и с использованием баллон-ассистенции, субтотальная окклюзия аневризмы (класс II по классификации Raymond-Roy, 2006).

Заключение. Ангиографический контроль радикальности окклюзии аневризмы в отдаленном послеоперационном периоде является неотъемлемой частью лечебной стратегии, позволяя выявлять рецидивы аневризм и провести повторное оперативное вмешательство до начала их клинических проявлений (в первую очередь внутричерепного кровоизлияния).

Ключевые слова: церебральная аневризма, рецидив аневризмы, эндоваскулярная окклюзия, субарахноидальное кровоизлияние, отделяемые спирали

Vasilii V. Bobinov✉, Andrey E. Petrov, Sergey A. Goroshchenko, Egor G. Kolomin, Nikita A. Mamonov, Konstantin A. Samochernykh, Larisa V. Rozhchenko
Polenov Neurosurgical Institute – Almazov National Medical Research Centre,
Saint Petersburg, Russia

Recurrent Cerebral Aneurysms After Endovascular Treatment

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: research concept and design – Vasilii V. Bobinov, Larisa V. Rozhchenko, Konstantin A. Samochernykh; collection of material – Vasilii V. Bobinov, Sergey A. Goroshchenko, Nikita A. Mamonov; statistical processing of data, analysis and interpretation of results, writing the text – Vasilii V. Bobinov, Egor G. Kolomin; editing – Larisa V. Rozhchenko, Sergey A. Goroshchenko, Andrey E. Petrov.

Submitted: 15.11.2023

Accepted: 11.12.2023

Contacts: neyro.bobinov@yandex.ru

Abstract

Introduction. This work is devoted to the study of the frequency, timing of formation and identification of risk factors of recurrence of cerebral aneurysms after endovascular treatment.

Purpose. To assess the frequency, risk factors, and timing of recurrence of cerebral aneurysms after endovascular treatment.

Materials and methods. A retrospective analysis of the results of examination and treatment of 177 patients from 18 to 75 years old with cerebral aneurysms who were operated on in the Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery from 2013 to 2016 and underwent follow-up examinations in the following months until 2021 was performed.

Results. The probability of aneurysm recurrence formation after its isolated occlusion with detachable coils was 22.5% ($p < 0.05$), after aneurysm occlusion with coils using balloon assisted technique – 26.1% ($p < 0.05$), using stent assisted technique – 10.8% ($p < 0.05$). We revealed major predictors of aneurysm recurrence in the remote postoperative period – large aneurysm size (15–25 mm), previous intracerebral hemorrhage from aneurysms, use of isolated aneurysm occlusion with detachable coils and balloon-assistance, subtotal aneurysm occlusion (class II according to Raymond-Roy classification, 2006).

Conclusion. Angiographic control of aneurysm occlusion degree in the long-term postoperative period is an integral part of the treatment strategy, allowing to detect aneurysm recurrence and to perform repeated surgical intervention before its clinical manifestations (primarily, intracranial hemorrhage).

Keywords: cerebral aneurysm, aneurysm recurrence, endovascular occlusion, subarachnoid hemorrhage, detachable coils

■ ВВЕДЕНИЕ

Церебральные аневризмы представляют собой патологические локальные выпячивания стенки артерии и являются одной из основных причин внутричерепного



кровоизлияния [1]. Благодаря изобретению в 1990 г. G. Guglielmi и I. Sepetka оригинальных спиралей с возможностью электролитического отделения (GDC), за относительно короткий период времени внутрисосудистое лечение церебральных аневризм выросло в полноценную методику, конкурирующую с микрохирургическим лечением [2].

Постепенное накопление данных об отдаленных результатах эндоваскулярной окклюзии аневризм демонстрирует, что достигнутый радикальный результат выключения аневризмы из кровотока может быть недолговечным, а в некоторых случаях устраненные риски внутричерепного кровоизлияния могут возобновиться [3, 4]. Следует отметить, что большинство сообщений о кровоизлиянии из ранее окклюзированных аневризм указывают на более тяжелое течение заболевания, чаще приводящее к глубокой инвалидизации и летальному исходу [5].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить частоту, факторы риска, сроки формирования рецидивов церебральных аневризм после эндоваскулярного лечения.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее исследование было включено 177 пациентов (48 мужчин и 119 женщин) со 195 церебральными аневризмами в возрасте от 18 до 75 лет, оперированных с использованием эндоваскулярных методов лечения на базе нейрохирургического отделения № 3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации в период с 2013 по 2016 г. Средний возраст пациентов составил 52 ± 12 лет, минимальный возраст составил 18 лет, максимальный – 75 лет.

Выбор метода внутрисосудистого лечения у пациентов, вошедших в наше исследование, основывался на анатомо-топографических и морфометрических особенностях аневризмы, а также на периоде 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. Степень окклюзии аневризмы определялась по классификациям Raymond-Roy (2006), H.S. Cekirge and I. Saatci (2016).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Из 195 церебральных аневризм 169 (86,7%) были окклюзированы отделяемыми спиралью, 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%) наблюдениях выполнена реконструкция несущей аневризму артерии потококклюзирующим 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).

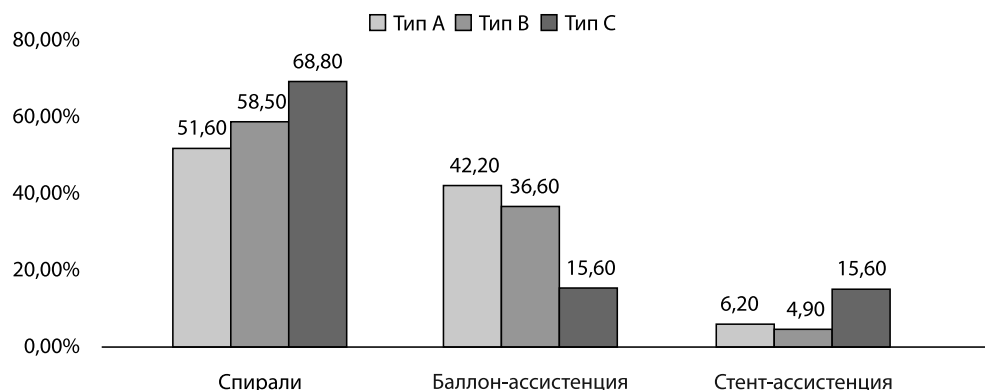


Рис. 1. Первичная радикальность окклюзии церебральных аневризм по классификации Raymond-Roy (2006)

Fig. 1. Initial radicality of cerebral aneurysm occlusion according to the Raymond-Roy classification (2006)

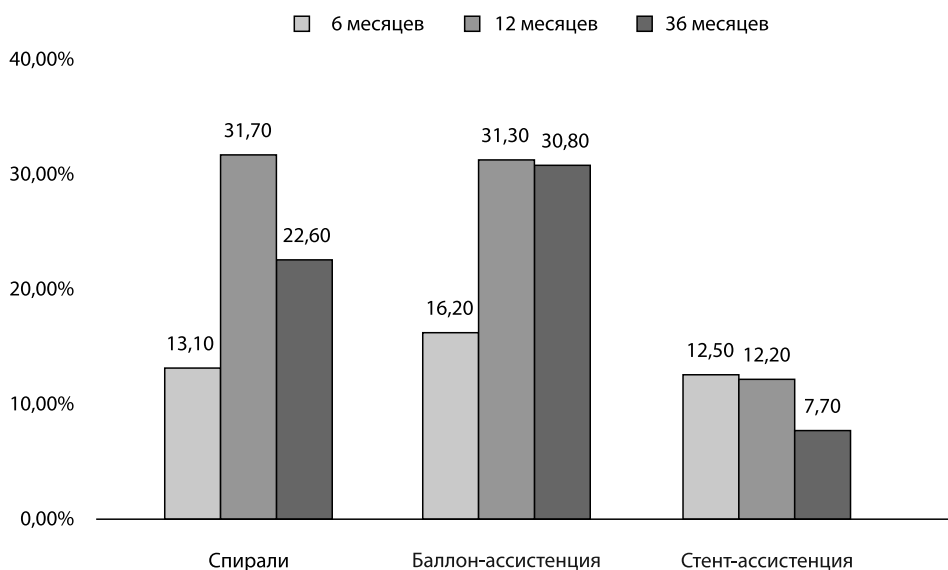


Рис. 2. Частота и сроки формирования рецидивов церебральных аневризм

Fig. 2. Frequency and timing of recurrence formation of cerebral aneurysms



Оценка отдаленных ангиографических результатов оперативного лечения

Отдаленными результатами мы считали данные селективной церебральной ангиографии, выполненной в срок не ранее 6 месяцев после проведенного оперативного вмешательства. При анализе контрольных ангиограмм учитывалась динамика и полнота выключения аневризмы из кровотока, использовались вышеописанные классификации Raymond-Roy (2003) и H.S. Cekirge and I. Saatci (2016).

Проведенный анализ контрольных ангиограмм показал, что результат окклюзии может быть стабильным и нестабильным. При этом нестабильный результат окклюзии может быть обусловлен как повышением степени окклюзии изначально нерадикально выключенной аневризмы, так и формированием рецидива.

В ходе анализа данных контрольных послеоперационных ангиограмм проведена оценка сроков и частоты формирования рецидивов (рис. 2).

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

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 веток, 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 является крупный размер (15–25 мм) аневризмы ($p = 0,043$), высота аневризмы более 6 мм ($p = 0,037$).

Произведен анализ зависимости рисков рецидива от применяемого метода внутрисосудистого лечения. Полученные данные указывают, что риск рецидива аневризмы 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 классификации Raymond-Roy, 2006 г.) ($p = 0,011$).

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

Таким образом, достоверными предикторами рецидива аневризмы после внутрисосудистого лечения, по нашим данным, являются: крупный размер аневризмы ($p < 0,05$), высота аневризмы более 6 мм ($p < 0,05$), использование отделяемых спиралей без применения ассистирующих методик ($p < 0,05$), субтотальная окклюзия аневризмы (класс II по классификации Raymond-Roy, 2003) ($p < 0,05$), перенесенное внутримозговое кровоизлияние из аневризмы ($p < 0,05$).

Классификация рецидивов церебральных аневризм

На основании анализа полученных ангиографических и катамнестических данных нами была разработана расширенная классификация рецидивов церебральных аневризм. Нами впервые выделены технические рецидивы, связанные с недостаточно радикальным первоначальным выключением аневризмы из кровотока, а также истинный рецидив, обусловленный продолженным ростом аневризмы. На наш взгляд, существенным дополнением для дальнейшей работы становится выделение следующих особенностей в классификации аневризм:

- I. По сроку выявления:
 - ранний (0–12 месяцев);
 - отсроченный (12–36 месяцев);
 - поздний (более 36 месяцев).
- II. По степени рецидива (Raymond J., 2003):
 - контрастирование шейки аневризмы, появившееся на контрольной ангиографии после тотального, ангиографически подтвержденного выключения аневризмы из кровотока («малый рецидив»);
 - контрастирование мешка аневризмы и формирование новой камеры в том же сегменте пораженной артерии («большой рецидив»).
- III. В зависимости от вида:
 - истинный, характеризующийся непосредственным ростом мешка и шейки аневризмы, формированием новой камеры аневризмы в том же сегменте артерии, чаще выявляемый в позднем послеоперационном периоде;
 - ложный, представляющий собой реканализацию либо за счет уплотнения комплекса спиралей, либо за счет протрузии спиралью купола аневризмы и выхода их в субарахноидальное пространство. Последний несет в себе высокие риски повторного массивного кровоизлияния за счет возможности формирования широкого дефекта в стенке аневризмы и выявляется как в раннем, так и в отсроченном послеоперационном периодах.
- IV. По причине формирования рецидива церебральных аневризм:
 - гемодинамический (когда комплекс спиралей в аневризме находится в зоне гемодинамического удара и постепенно выдавливается из аневризмы в сторону купола, растягивая аневризму и вызывая ее дальнейший рост);
 - атеротромботический (когда в аневризме имеются тромботические и атеросклеротические массы и первично создается впечатление о полном выключении аневризмы из кровотока, но с течением времени спирали смещаются в направлении купола через них);
 - технический, связанный с некорректной установкой устройств – спиралей, ассистирующих и потокотклоняющих стентов, выявление которого в раннем послеоперационном периоде может быть расценено как осложнение, а в отсроченном и позднем периодах как ложный рецидив.
- V. По клиническому течению:
 - асимптомный;
 - симптомный, который может проявить себя субарахноидальным кровоизлиянием, тромбоэмболическими эпизодами и масс-эффектом.

Необходимо отметить, что стабильное контрастирование пришеечной части аневризмы либо ее тела при изначально неполной окклюзии аневризмы следует считать ее резидуальным заполнением, а не рецидивом.



Результаты лечения пациентов с рецидивом церебральной аневризмы

Из 195 оперированных церебральных аневризм рецидивировала 41 аневризма. Распределение по степени и виду рецидива представлено на рис. 3.

Из 41 рецидивировавшей аневризмы оперативного лечения потребовали 34 аневризмы, из них 18 – после изолированной окклюзии спиралями, 11 – после баллон-ассистенции, 4 – после стент-ассистенции, 1 – после имплантации потокотклоняющего стента (см. таблицу).

В случае после доокклюзии аневризмы спиралями с баллон-ассистенцией отмечено повторное формирование рецидива за счет продолженного роста аневризмы, что в дальнейшем потребовало имплантации потокотклоняющего стента. Поскольку все случаи рецидивов выявлены своевременно, в нашем материале ни один случай рецидива не продемонстрировал повторного внутричерепного кровоизлияния и при повторном лечении не привел к нарастанию неврологической симптоматики в послеоперационном периоде.

В большинстве случаев коррекция рецидива подразумевала реконструкцию несущего аневризму сосуда путем имплантации ассистирующего либо потокотклоняющего стента, что позволило достигнуть стабильного радикального выключения аневризмы из кровотока. В случае невозможности проведения эндоваскулярного лечения осуществлялось микрохирургическое клипирование аневризмы.

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

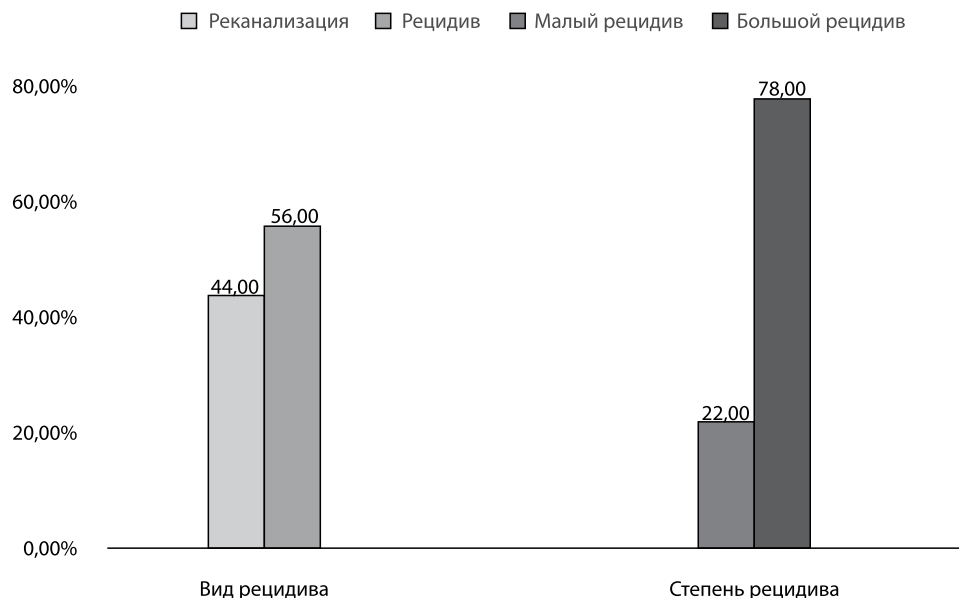


Рис. 3. Распределение рецидивов по виду и степени
Fig. 3. Distribution of recurrences by type and degree

Распределение повторных хирургических вмешательств при рецидиве аневризмы
Distribution of repeat surgical interventions for aneurysm recurrence

Вид операции	Количество операций	%
Окклюзия спиралями	6	17,60
Баллон-ассистенция	2	5,90
Стент-ассистенция	14	41,20
Потокотклоняющие стенты	11	32,40
Микрохирургическое клипирование	1	2,90
Всего	34	100

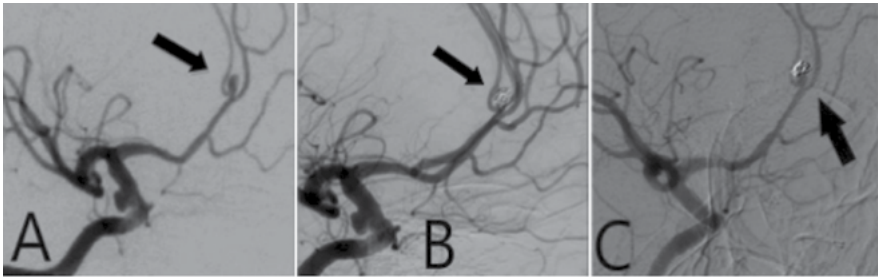


Рис. 4. Пациент И., 62 года. Д-з: множественные церебральные аневризмы. Интраоперационная селективная церебральная ангиография до (А), после (В) и контрольная ангиография через 12 месяцев (С) после операции. Отмечается появление контрастирования пришеечной части аневризмы
Fig. 4. Patient E. 62 years old. D-s: Multiple cerebral aneurysms. Intraoperative selective cerebral angiography before (A), after (B) and on control angiography 12 months (C) after surgery. The appearance of aneurysm neck contrast is noted

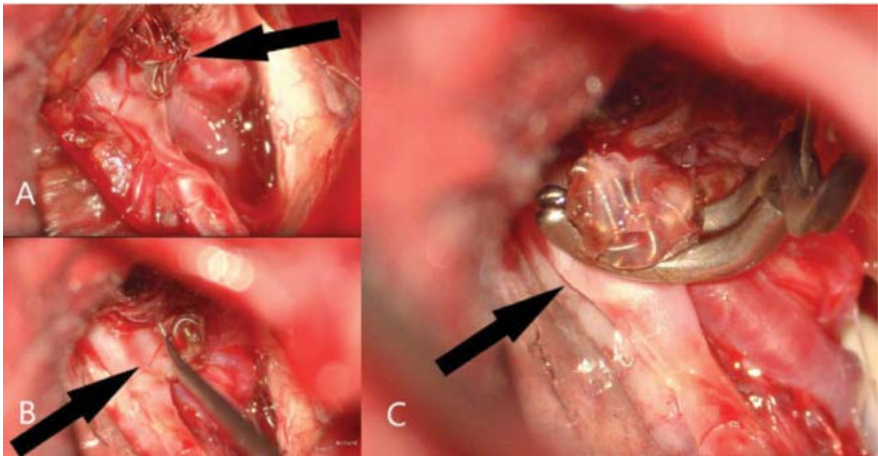


Рис. 5. Пациент Б., 51 год. Д-з: мешотчатая аневризма передней соединительной артерии. Интраоперационная фотография. А – стрелкой указаны протрузия и выход витков спиралей через купол аневризмы в субарахноидальное пространство. В – визуализируется зона рецидива аневризмы. С – реконструкция артерии клипсой, изогнутой по плоскости
Fig. 5. Patient B, 51 years old. D-s: Saccular aneurysm of the anterior communicating artery. Intraoperative photo. A – the arrow indicates protrusion and exit of coils through the aneurysm dome into the subarachnoid space. B – the zone of aneurysm recurrence is visualized. C – reconstruction of the artery with a clip curved along the plane



■ ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день эндоваскулярные вмешательства у пациентов с аневризмами зачастую являются методом выбора в лечении этой цереброваскулярной патологии, создавая альтернативу микрохирургическим методам лечения [6]. В последние годы стали появляться сообщения о внутричерепных кровоизлияниях из аневризм после их внутрисосудистой окклюзии, происходящих за счет формирования рецидива [7, 8]. Рецидивом принято считать увеличение количества контрастного вещества, заполняющего аневризму, относительно ангиографического вида аневризмы в конце лечения [9].

Согласно данным ряда авторов, рецидив аневризмы может произойти в результате субтотальной окклюзии аневризмы или уплотнения комплекса спиралей в ней, что вызывает опасения по поводу способности данной методики защитить от продолженного роста аневризмы и повторного кровоизлияния [8–11].

Изучение отдаленных ангиографических результатов внутрисосудистого лечения пациентов с церебральными аневризмами показало достаточно высокую частоту их рецидивирования. Так, по нашим данным, вероятность формирования рецидива аневризмы после ее изолированной окклюзии спиралью может достигать 13,1% уже через 6 месяцев после проведенного оперативного лечения, 31,7% через 12 месяцев и 22,3% через 36 месяцев, в среднем составляя 22,5% ($p < 0,05$).

Полученные нами данные сопоставимы с результатами, опубликованными в 1998 г. С. Cognard (19%), в 2009 г. R.A. Willinsky (20,3%) и в 2012 г. J.R. Vanzin (26,8%) [4, 12, 13]. При этом отдаленные результаты проведенных нами оперативных вмешательств оказались несколько лучше, чем представленные в исследовании ISAT (33,6% рецидивов) [14].

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

Использование стент-ассистенции сопровождается более низким процентом формирования рецидива – 12,5% через 6 месяцев, 12,2% – через 12 месяцев, 7,7% – через 36 месяцев, в среднем составляя 10,8%. Применение потокотклоняющих стентов обладает самым низким риском формирования рецидивов, при этом требуется контроль степени окклюзии аневризмы для оценки эффективности проведенного лечения после отмены двойной дезагрегантной терапии.

При анализе анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризм именно крупный размер аневризмы (15–25 мм) оказался статистически достоверным фактором риска формирования рецидива, повышая риск рецидива в 1,75 раза ($p = 0,043$) по сравнению с аневризмами другого размера. В то же время было 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 подтверждает данные мировой литературы [6, 15, 16], а также в 2,03 раза выше ($p=0.011$), если на момент окончания операции была достигнута радикальность, соответствующая классу II (согласно классификации Raymond-Roy, 2006 г.).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рецидивы церебральных аневризм длительно могут формироваться и протекать асимптомно, создавая представление о полном, благополучном излечении и устранении рисков внутричерепного кровоизлияния. Ангиографический контроль радикальности окклюзии аневризмы в отдаленном послеоперационном периоде является неотъемлемой частью лечебной стратегии, позволяя выявлять рецидивы аневризм и провести повторное оперативное вмешательство до начала их клинических проявлений (в первую очередь внутричерепного кровоизлияния). Тактика эндоваскулярной или микрохирургической реконструкции несущей рецидивировавшую аневризму артерии является клинически и патогенетически обоснованной и позволяет эффективно и стабильно излечить пациента от возникших рисков внутричерепного кровоизлияния.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Brisman J.L., Song J.K., Newell D.W. Cerebral aneurysms. *The New England journal of medicine*. 2006;355(9):928–939. Available at: <https://doi.org/10.1056/NEJMr052760>
2. Bobinov V., Rozhchenko L., Petrov A., Goroshchenko S., Kolomin E., Samochernikh N., Tukanov N., Samochernikh K. Early and long-term results of endovascular treatment of cerebral aneurysms. *Russian journal of neurosurgery*. 2023;25(2):10–19. Available at: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2023-25-2-10-19>
3. Aikawa H., Kazekawa K., Nagata S., Onizuka M., Iko M., Tsutsumi M., Kodama T., Nii K., Matsubara S., Etou H., Tanaka A. Rebleeding after endovascular embolization of ruptured cerebral aneurysms. *Neural Med Chir (Tokyo)*. 2007;47(10):439–45; discussion 446–7. doi: 10.2176/nmc.47.439.
4. Vanzin J.R., Mounayer C., Abud D.G., D'agostini Annes R., Moret J. Angiographic results in intracranial aneurysms treated with inert platinum coils. *Interv Neuroradiol*. 2012;18(4):391–400. doi: 10.1177/159101991201800405. Epub 2012 Dec 3.
5. Ando K., Hasegawa H., Suzuki T., Saito S., Shibuya K., Takahashi H., Oishi M., Fujii Y. 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. Epub 2021 Feb 20.
6. 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. Epub 2013 Mar 9.
7. Son W., Kang D.H. Risk Factor Analysis of Delayed Intracerebral Hemorrhage After Coil Embolization of Unruptured Cerebral Aneurysms. *Front Neurol*. 2020;11:584596. doi: 10.3389/fneur.2020.584596.
8. Hou K., Li G., Lv X., Xu B., Xu K., Yu J. Delayed rupture of intracranial aneurysms after placement of intra-luminal flow diverter. *Neuroradiol J*. 2020;33(6):451–464. doi: 10.1177/1971400920953299. Epub 2020 Aug 27.
9. 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.
10. Raymond J., Guilbert F., Weill A., Georganos S.A., Juravsky L., Lambert A., Lamoureux J., Chagnon M., Roy D. 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. Epub 2003 May 29.
11. Goroshchenko S., Sitovskaya D., Petrov A., Rozhchenko L., Khristoforova M., Samochernykh K. Unfavorable outcome of giant vertebral artery aneurysm. Clinical case and literature review. *Arkhiv Patologii*. 2021;83(4):45–51. Available at: <https://doi.org/10.17116/patol20218304145> (in Russian)
12. Cognard C., Weill A., Castaings L., Rey A., Moret J. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment. *Radiology*. 1998;206(2):499–510. doi: 10.1148/radiology.206.2.9457205.
13. Willinsky R.A., Peltz J., da Costa L., Agid R., Farb R.I., ter Brugge K.G. 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. Epub 2009 Mar 19.
14. Molyneux A.J., Birks J., Clarke A., Sneade M., Kerr R.S. 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. Epub 2014 Oct 28. Erratum in: *Lancet*. 2015;385(9972):946.
15. Fingerlin T.J., Rychen J., Roethlisberger M., Taub E., Mariani L., Guzman R., Zumofen D.W. Long-term aneurysm recurrence and de novo aneurysm formation after surgical treatment of unruptured intracranial aneurysms: a cohort study and systematic review. *Neural Res*. 2020;42(4):338–345. doi: 10.1080/01616412.2020.1726587. Epub 2020 Feb 12.
16. Bobinov V., Rozhchenko L., Goroshchenko S., Kolomin E., Petrov A. Immediate and long-term results of endovascular coiling of cerebral aneurysms. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A.L. Polenov*. 2022;14(2):29–36.