

EDN: CLCWNO

DOI 10.56618/2071-2693_2023_15_4_68

УДК (616.8-089)



ЭНДОВАСКУЛЯРНОЕ ЛЕЧЕНИЕ АНЕВРИЗМ ВЕРХНЕЙ ТРЕТИ ОСНОВНОЙ АРТЕРИИ

Е. Г. Коломин, А. Е. Петров, Л. В. Рожченко, С. А. Горощенко, А. А. Иванов,
В. В. Бобинов, К. А. Самочерных

«Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени
проф. А. Л. Поленова» — филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» МЗ РФ,
Маяковского ул., 12, Санкт-Петербург, 191014.

РЕЗЮМЕ. Данная работа посвящена изучению ближайших и отдаленных результатов лечения пациентов с аневризмами верхней трети основной артерии с использованием эндоваскулярных методов лечения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Оценить ближайшие и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения пациентов с аневризмами верхней трети основной артерии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Проанализированы результаты эндоваскулярного лечения 91 пациента с 95 аневризмами верхней трети основной артерии, оперированных в нейрохирургическом отделении № 3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова с 1 января 2017 г. по 31 марта 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Использовались следующие эндоваскулярные методы: 1) окклюзия мешка аневризмы только отделяемыми спиралями ($n=39$); 2) окклюзия спиралями со стент-ассистенцией ($n=35$); 3) имплантация поток-отклоняющего стента ($n=21$). Радикальность выключения аневризмы из кровотока для аневризм, окклюзированных спиралями с и без стент-ассистенции использовалась классификация Raymond-Roy, а также по классификации Cekirge-Saatci для аневризм, пролеченных при помощи потокперенаправляющих стентов.

В группе после окклюзии спиралями радикально выключены из кровотока (класс А) — 23 (60,5 %), субтотально (Класс В) — 8 (21,1 %) и частично (Класс С) — 7 (18,4 %).

В группе после окклюзии спиралями со стент-ассистенцией радикально выключены из кровотока (класс А) — 22 (61,1 %), субтотально (Класс В) — 8 (22,2 %) и частично (Класс С) — 6 (16,6 %), без статистически значимых различий в группе плетеных стентов и стентов изготовленных по технологии лазерной резки ($p = 0,571$).

В группе после имплантации поток-отклоняющего стента первичная реконструкция (класс 4А) была достигнута в 15 (71,4 %) случаев.

Контрольная церебральная ангиография в срок не ранее 6 месяцев была выполнена у 72,5 % ($n=69$) пациентов.

В отдаленном периоде после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями, контрольная ангиография была выполнена в 73,7 % (28/38) наблюдений, радикально выключены из кровотока (класс А) — 16 (57,1 %) и частично (Класс С) — 12 (42,9 %). В данной группе частота рецидивов составила 21,4 % ($n=6$), в 10,7 % ($n=3$) потребовавших повторного оперативного вмешательства. В отдаленном периоде после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями со стент-ассистенцией, контрольная ангиография была выполнена в 66,7 % (24/36). После окклюзии аневризм отделяемыми спиралями со стент-ассистенцией со стентами изготовленными по технологии лазерной резки в отдаленном периоде отмечалось снижение радикальности выключения аневризм из кровотока — (класс А) — 5 (38,4 %) и частично (Класс С) — 8 (61,5 %). В данной группе наблюдений было выявлено 7 рецидивов, 4 из которых потребовали повторного оперативного лечения. В отдаленном периоде после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями со стент-ассистенцией с плетеными стентами отмечалось повышение радикальности выключения аневризм из кровотока — (класс А) — 10 (90,9 %) и частично (Класс С) — 1 (9,1 %). В данной группе был выявлен 1 (9,1 %) рецидив. В отдаленном периоде после имплантации поток-отклоняющего стента тотальное/субтотальное выключение аневризмы наблюдалось в 47 % ($n=8$) наблюдений.

Клинически исход после операции был отличным у 83 (87,9 %) пациентов (mRS 0–1 балла); 7 (7,7 %) пациентов имели легкие нарушения жизнедеятельности (2–3 балла), 3 (3,3 %) пациента имели тяжелые нарушения жизнедеятельности (4–5 баллов), и 1 (1,1 %) пациент умер (6 баллов).

Осложнения, связанные с операцией наблюдались в 4,2 % ($n=4$) наблюдений, из них 3,2 % ($n=3$) повлияли на конечных исход лечения пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Эндоваскулярное лечение аневризм верхней трети основной артерии путем окклюзии микроспиралями и / или с применением других современных эндоваскулярных методик является эффективным и достаточно безопасным. Использование современных плетеных ассистирующих стентов позволяет добиться более высокой радикальности окклюзии аневризмы в долгосрочной перспективе. Безопасность использования и эффективность потокперенаправляющих стентов в лечении аневризм верхней трети основной артерии требуют дальнейшего изучения, однако полученные нами результаты свидетельствуют о возможности их эффективного применения данного метода лечения при сложных аневризмах данной локализации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аневризма, бифуркация основной артерии, верхняя мозжечковая артерия, задняя мозговая артерия, эмболизация, стент, микроспирали.

Для цитирования: Коломин Е. Г., Петров А. Е., Рожченко Л. В., Горощенко С. А., Иванов А. А., Бобинов В. В., Самочерных К. А. Эндоваскулярное лечение аневризм верхней трети основной артерии. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2023;15(4):68–80. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_4_68

ENDOVASCULAR TREATMENT OF ANEURYSMS OF THE UPPER THIRD OF THE BASILAR ARTERY

E. G. Kolomin, A. E. Petrov, L. V. Rozhchenko, S. A. Goroshchenko,
A. A. Ivanov, V. V. Bobinov, K. A. Samochernykh.

“Polenov Neurosurgical Institute — branch of Almazov National Medical Research Centre”,
12, Mayakovskogo st., Saint Petersburg, 191014, Russia

SUMMARY. This work is devoted to the study of the immediate and long-term results of treatment of patients with aneurysms of the upper third of the basilar artery with the use of endovascular treatment methods.

PURPOSE OF THE STUDY: To evaluate the immediate and long-term results of endovascular treatment of patients with aneurysms of the upper third of the basilar artery.

MATERIAL AND METHODS. The results of endovascular treatment of 91 patients with 95 aneurysms of the upper third of the basilar artery operated in the neurosurgical department #3 of the Prof. A. L. Polenov Russian Research Neurosurgical Institute from January 1, 2017 to March 31, 2023 were analyzed.

RESULTS. The following endovascular methods were used: 1) selective aneurysm coiling (n=39); 2) stent-assisted coiling (n=35); 3) implantation of flow-diverting stent (n=21). Grade of occlusion for aneurysms treated with selective aneurysm coiling and stent-assisted coiling was classified according to the Raymond-Roy classification, as well as according to the Cekirge-Saatci classification for aneurysms treated with flow-diverting stents.

In the group after spiral occlusion, 23 (60.5 %) aneurysms were totally (Class A), 8 (21.1 %) were subtotally (Class B), and 7 (18.4 %) were partially (Class C) occluded.

In the group after stent-assisted coiling totally occluded (Class A) were 22 (61.1 %), subtotally (Class B) — 8 (22.2 %) and partially (Class C) — 6 (16.6 %), with no statistically significant differences in the group of braided and laser-cut stents (p = 0.571).

In the group after implantation of the flow-diverting stent, primary reconstruction (grade 4A) was achieved in 15 (71.4 %) cases.

Control cerebral angiography at a period not earlier than 6 months was performed in 72.5 % (n=69) of patients.

In the long-term follow-up after aneurysm occlusion with detachable coils, control angiography was performed in 73.7 % (28/38) of observations, totally occluded (Class A) were 16 (57.1 %) and partially (Class C) — 12 (42.9 %). In this group the recurrence rate was 21.4 % (n=6), in 10.7 % (n=3) requiring repeated surgical intervention. In the remote period after aneurysm occlusion with stent-assisted coiling, control angiography was performed in 66.7 % (24/36). After occlusion of aneurysms with usage of stents made by laser cutting technology in the remote period there was a decrease in radicality of aneurysms occlusion — (Class A) — 5 (38,4 %) and partially (Class C) — 8 (61,5 %). There were 7 recurrences in this group of cases, 4 of which required repeated surgical treatment. In the remote period after occlusion of aneurysms with stent-assisted coiling, with usage of braided stents there was an increase in radicality of aneurysms occlusion from blood flow. Totally were occluded (Class A) 10 (90.9 %) and partially (Class C) — 1 (9.1 %). In this group, 1 (9.1 %) recurrence was identified. In the remote period after implantation of the flow-diverting stent, total/subtotal aneurysm occlusion was observed in 47 % (n=8) of cases.

Clinically, the postoperative outcome was excellent in 83 (87.9 %) patients (mRS score 0–1); 7(7.7 %) patients had mild impairment (score 2–3), 3 (3.3 %) patients had severe impairment (score 4–5), and 1 (1.1 %) patient died (score 6).

Complications related to surgery were observed in 4.2 % (n=4) of observations, of which 3.2 % (n=3) affected the final patient outcome.

In the remote period after implantation of the flow-diverting stent, total/subtotal aneurysm occlusion was observed in 47 % (n=8) of cases.

Clinically, the postoperative outcome was excellent in 83 (87.9 %) patients (mRS score 0–1); 7(7.7 %) patients had mild impairment (score 2–3), 3 (3.3 %) patients had severe impairment (score 4–5), and 1 (1.1 %) patient died (score 6).

Complications related to surgery were observed in 4.2 % (n=4) of observations, of which 3.2 % (n=3) affected the final patient outcome.

CONCLUSION. Endovascular treatment of aneurysms of the upper third of the basilar artery with microspirals and / or with the use of other modern endovascular techniques is effective and safe enough. The use of modern braided assisting stents allows to achieve higher radicality of aneurysm occlusion in the long term period. Safety and efficacy of flow-directing stents in the treatment of aneurysms of the upper third of the basilar artery require further study; however, our results indicate the possibility of their effective usage of this treatment modality for complex aneurysms of this localization.

KEY WORDS: aneurysm, basilar artery bifurcation, superior cerebellar artery, posterior cerebral artery, embolization, stent, microspirals.

For citation: E. G. Kolomin, A. E. Petrov, L. V. Rozhchenko, S. A. Goroshchenko, A. A. Ivanov, V. V. Bobinov, K. A. Samochernykh. Endovascular treatment of aneurysms of the upper third of the basilar artery. Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2023;15(4):68–80. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_4_68

Введение

Аневризмы вертебробазилярного бассейна (ВББ) составляют около 15 % от всех церебральных аневризм и являются гораздо более склонными к геморрагическому типу течения по сравнению с аневризмами передней циркуляции [1,2].

Кумулятивный 5-летний риск разрыва аневризм данной локализации составляет 2,5 % для аневризм размером менее 7 мм и 15 % для аневризм размером 7 мм и более [2]. При этом, частота выживаемости в течении первых 48 часов после разрыва аневризм ВББ составляет всего 32 % (Schievink et al., 1995).

Аневризмы верхней развилки основной артерии являются наиболее часто встречающимися аневризмами ВББ и составляют по различным данным от 50 % до 82 % от всех аневризм данной локализации и около 5 % от всех церебральных аневризм [1,4].

К более редким аневризмам, локализующимся в верхней трети основной артерии, относят аневризмы верхней мозжечковой и проксимальных отделов задней мозговой артерий, частота встречаемости которых, не превышает 2 % от всех церебральных аневризм [5,6].

В силу анатомо-топографических особенностей строения аневризм верхней трети основной артерии, близостью к ним таламоперфорирующих артерий и черепно-мозговых нервов (ЧМН), микрохирургическое лечение, в условиях узкого операционного поля, является технически сложной задачей и часто ассоциируется с развитием повреждения сосудисто-нервных структур, а также развитием тракционного повреждения головного мозга [7–12].

Так, по данным исследования Bohnstedt B. N. et al (2017), процент инвалидизации и смертности при микрохирургическом лечении аневризм ВББ достаточно высок и достигает 30,6 % и 17,5 % для рваных и не рваных аневризм соответственно [13].

Таким образом, эндоваскулярный метод лечения для аневризм ВББ в большинстве случаев является вариантом выбора в связи с большей его безопасностью [7,14,15]. Однако, при использовании некоторых внутрисосудистых методик, в частности окклюзии аневризмы только отделяемыми спиралями, частота долгосрочной окклюзии аневризм оказывается ниже, чем после клипирования аневризм данной локализации [8,16].

Современные эндоваскулярные технологии включают окклюзию аневризмы спиралями, как изолированно, так и со стент- или баллон-ассистенцией, а также имплантацию поток-отклоняющего стента.

В связи с техническим прогрессом, развитием инструментария, появлением новых плетеных стентов,

улучшением их визуализации, а также управляемости микроинструмента появляются новые возможности лечения пациентов с аневризмами данной локализации.

Нами представлены собственные результаты эндоваскулярного лечения аневризм верхней трети основной артерии.

Материалы и методы

В работе проанализированы результаты эндоваскулярного лечения пациентов с аневризмами верхней трети основной артерии, оперированных в нейрохирургическом отделении № 3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова — филиале ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России с 1 января 2017 г. по 31 марта 2023 г.

Всего прооперированы 91 пациент с 95 аневризмами верхней трети основной артерии, что составило 3,6 % от 2647 церебральных аневризм пролеченных за изучаемый период.

Из 91 пациента, включенного в исследование 79 (86,9 %) были госпитализированы в РНХИ в плановом порядке, 12 (13,1 %) пациентов — в экстренном, в связи с развившимся субарахноидальным кровоизлиянием.

Выбор метода эндоваскулярного вмешательства определялся на основании анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризмы, особенностей строения верхней развилки основной артерии, наличия задних соединительных артерий, а также периода кровоизлияния.

При анализе данных спиральной компьютерной томографической ангиографии (СКТ-АГ) и церебральной ангиографии оценивались локализация, форма, размеры аневризмы и ее шейки, а также степень вовлечения отходящих артерий в шейку аневризмы.

При планировании имплантации стента всем больным проводилась обязательная предоперационная подготовка, заключающаяся в определении базовой функциональной активности тромбоцитов, назначении за 7 дней до планируемой операции двойной дезагрегантной терапии (Клопидогрель 75 мг в сутки и ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 раз в сутки) или за 1 сутки до операции (Тикагрелор 90 мг 2 раза в сутки и 100 мг ацетилсалициловой кислоты 1 раз в сутки). Затем перед операцией всем пациентам проводилась оценка динамики функциональной активности тромбоцитов с получением графических и цифровых данных (по методике LTA), указывающих на достижение безопасного для имплантации стента диапазона остаточной активности

тромбоцитов (оптимально — не ниже 20 и не выше 40 %). В случае геморрагического периода пациент получал нагрузочную дозу тикагрелора непосредственно перед операцией (180 мг per os).

Перед выпиской из стационара оценивали функциональные исходы лечения по модифицированной шкале Рэнкина (mRs).

Результаты

Нами были проанализированы особенности клинической картины, инструментального обследования и результатов лечения 91 пациента с аневризмами верхней трети основной артерии, оперированных эндоваскулярным способом.

1. Клинико-инструментальная картина.

В нашей серии были представлены мужчины — 27 (29,7 %) и женщины — 64 (70,3 %) в возрасте от 29 до 77 (медиана — 61) лет.

12 (13,1 %) пациентов поступило в экстренном порядке с кровоизлиянием вследствие разрыва аневризмы, остальные 79 (86,9 %) пациентов поступили в плановом порядке. Среди пациентов, поступивших в плановом порядке, 22 (24,2 %) пациента перенесли разрыв аневризмы в анамнезе, у 9 (9,9 %) пациентов проявления аневризмы были связаны с её объемным воздействием, у 4 (4,4 %) пациентов — с ишемическими событиями вследствие артерио-артериальной эмболии из мешка аневризмы. У 44 (n=48,4 %) пациентов аневризмы были выявлены при обследовании по поводу другой патологии, либо при ангиографии после кровоизлияния из церебральной аневризмы другой локализации.

Разорвавшиеся аневризмы были у 34/91 (37,4 %) пациентов, тогда как 57/91 (62,6 %) составили неразорвавшиеся. У большинства пациентов (n=18, 52,9 %), разрыв аневризмы сопровождался субарахноидальным кровоизлиянием (САК), у 6 (17,6 %) отмечалось сочетание субарахноидального кровоизлияния с формированием внутримозговой гематомы, у 10 (29,4 %) пациентов, субарахноидальное кровоизлияние сочеталось с внутрижелудочковым кровоизлиянием.

Среди пациентов, поступивших в остром периоде кровоизлияния, 33,3 % (n=4) имели III класс тяжести САК по шкале Hunt-Hess (HH), I и II класс имели по 25 % (n=3) и 16,7 % (n=2) пациентов — IV класс по шкале HH.

При распределении по шкале Fisher, 58,3 % (n=7) пациентов имели IV класс тяжести САК, II и III класс по шкале Fisher имели по 16,7 % (n=2) пациентов, 8,3 % (n=1) — I класс по шкале Fisher.

Множественный характер аневризм наблюдался у 32 (35,2 %) исследуемых.

73 (80,2 %) пациента поступили в компенсированном состоянии с оценкой 0–1 балла по mRs, 15 (16,5 %) пациентов поступили с умеренными нарушениями (2–3 балла по mRS), 3 (3,2 %) пациента поступили в тяжелом состоянии (4–5 баллов по mRS).

2. Анатомо-топографические особенности и морфометрические характеристики дистальных аневризм мозжечковых артерий.

Локализация. Все аневризмы верхней трети ствола основной артерии мы распределили по локализации на аневризмы бифуркации основной артерии (n=60, 63,1 %), аневризмы устья верхней мозжечковой артерии (n=28, 29,5 %) и аневризмы проксимальных отделов (P1 сегмента) задней мозговой артерии (n=7, 7,4 %).

Размеры и форма. Оценка размеров аневризмы проводилась по результатам интраоперационной церебральной ангиографии — производились замеры максимального диаметра купола аневризмы, размеры ее шейки, а также оценивалось отношение величины купола аневризмы к её шейке (DNR). При ширине шейки аневризмы более 4 мм или соотношению DNR менее 2 шейку считали широкой. По форме аневризматического мешка выделялись мешотчатые (с четко очерченной шейкой) и фузиформные (без шейки, с протяженным дефектом сегмента артерии) аневризмы.

По нашим данным аневризмы верхней трети основной артерии имели мешотчатое строение в 86 (90,5 %) наблюдениях, фузиформное в 9 (9,5 %). Размер аневризм варьировал от 2,1 до 30 мм, средний размер аневризм составил 9 мм. Чаще встречались аневризмы средних (62,1 %) и крупных (20 %) размеров. Аневризмы имели гигантский размер в 8 (8,4 %) наблюдениях. Значимой зависимости между геморрагическим типом течения и размером аневризм выявлено не было ($p = 0,929$). Однако, была выявлена достоверная зависимость между размером аневризм и псевдотуморозным типом течения, который чаще наблюдался в группе аневризм крупного и гигантского размера ($p < 0,001$).

Мешотчатые аневризмы в 78 % (n=67) случаев имели широкую шейку. В 68,4 % (n=65) случаев отмечалось вовлечение отходящих артерий в шейку аневризмы, в 2,1 % (n=2) наблюдений отмечалось отхождение дочерних ветвей непосредственно от тела аневризмы. В 13,7 % (n=13) наблюдений аневризмы имели тромбированную часть. Иррегулярная форма аневризмы с наличием дивертикулов наблюдалась в 54,7 % случаев (n=52) и строго коррелировала с геморрагическим типом течения ($p = 0,001$). Шансы кровоизлияния в группе аневризм с дивертикулами были выше в 4,4 раза, по сравнению с группой аневризм, имеющих регулярную форму, различия шансов были статистически значимыми (95 % ДИ: 1,707–11,211).

3. Методы эндоваскулярного лечения.

Все оперативные вмешательства проводились под общей анестезией в условиях рентген-операционной на двухпроекционном ангиографе. Первым этапом внутрисосудистого вмешательства была селективная церебральная панангиография в стандартных проекциях. После этого осуществлялась 3D-ротационная ангиография для оценки размеров, формы аневризмы.

Выбор тактики эндоваскулярного вмешательства основывался на морфометрических характеристиках

аневризмы, её форме, особенностях строения верхней развилки основной артерии, наличии задних соединительных артерий и периоде течения заболевания. Приоритетом при проведении внутрисосудистого лечения была окклюзия аневризмы с реконструкцией пораженного сегмента путем имплантации стента, что было выполнено в большинстве наблюдений ($n=61$).

По поводу 95 аневризм верхней трети ствола основной артерии у 91 пациента было выполнено 109 оперативных вмешательств. Одноэтапное лечение выполнено у 85 пациентов, 7 пациентов прошли двухэтапное лечение, 2 пациентам было выполнено 3 операции, 1 пациенту выполнено 4 этапа оперативного вмешательства.

Окклюзия аневризмы спиралями как первичный метод лечения была выполнена в 40 % ($n=38$) наблюдений. В остром периоде кровоизлияния, данный метод лечения использовался наиболее часто — в 91,7 % (11/12) наблюдений ($p = 0,002$). Также, окклюзия аневризм отделяемыми спиралями использовалась при наличии узкой шейки аневризмы, позволяющей сформировать стабильный комплекс спиралей, отсутствии вовлечения дочерних артерий в тело аневризмы, при наличии противопоказаний к назначению дезагрегантной терапии, а также, в качестве подготовки к имплантации поток-перенаправляющего стента.

В 28,9 % ($n=11$) случаев, в связи с невозможностью сформировать стабильный комплекс спиралей с помощью одного микрокатетера и, как следствие,

высоким риском пролабирования и/или миграции комплекса спиралей, выполнялась окклюзия аневризмы спиралями с помощью двухкатетерной техники.

Окклюзия аневризмы спиралями со стент-ассистенцией как первичный метод лечения была выполнена в 38 % ($n=36$) наблюдений: ассиметричное стентирование в 23,2 % ($n=22$), Y-стентирование в 13,7 % ($n=13$) и T-стентирование в 1,1 % ($n=1$) наблюдений. Окклюзия аневризм со стент-ассистенцией выполнялась при наличии широкой шейки аневризмы, при вовлечении дочерних артерий в пришеечную часть, а также с целью реконструкции пораженного сегмента. Сложные варианты стентирования, такие как Y- и T-стентирование, чаще выполнялись при симметричном строении бифуркации верхней развилки основной артерии и отсутствии значимой латерализации самой аневризмы (рис. 1).

При ассиметричном строении верхней развилки основной артерии, при отхождении ЗМА под разными углами, и латерализации аневризмы в сторону одной из ЗМА, выполнялось ассиметричное стентирование. На выбор артерии для стентирования влиял калибр и извитость ЗМА, латерализация аневризмы, катетеризируемость ЗМА, угол отхождения ЗМА, а также наличие ЗСА.

Для выполнения стент-ассистенции использовались стенты, изготовленные как по технологии лазерной резки (Laser-cut stents, LCS) — в 47,2 % ($n=17$) (Enterprise, Neuroform EZ, Neuroform Atlas, Barrel, Solitaire), так и плетеные стенты (Lvis Jr, Leo, Leo Baby) в 52,8 % ($n=19$) наблюдений.



Рисунок 1. Селективная вертебральная ангиография, прямая проекция.

A — до окклюзии аневризмы, B — после окклюзии аневризмы спиралями со стент-ассистенцией (Y-стентирование с плетеными стентами Leo Baby), C — контрольная ангиография через 36 месяцев после операции. Отмечается тотальное выключение аневризмы из кровотока.

Примечание: отмечается контрастирование мешотчатой аневризмы верхней развилки основной артерии (A). Выполнена окклюзия аневризмы со стент-ассистенцией (Y-стентирование) с 2 плетеными стентами Leo Baby (B); аневризма выключена из кровотока тотально. При контрольной ангиографии через 36 месяцев после операции (C) отмечается сохранение тотальной окклюзии аневризмы.

Figure 1. Selective vertebral angiography, direct projection.

A — before aneurysm occlusion, B — after aneurysm occlusion with stent-assisted coiling (Y-stenting with Leo Baby braided stents), C — control angiography 36 months after surgery. Total occlusion of the aneurysm is observed.

Note: contrasting of the saccular aneurysm of the basilar apex (A) is seen. The aneurysm occlusion with stent-assisted coiling (Y-stenting) with 2 braided Leo Baby stents was performed (B); the aneurysm was completely excluded from the blood flow. Control angiography 36 months after surgery (C) showed preservation of total occlusion of the aneurysm.

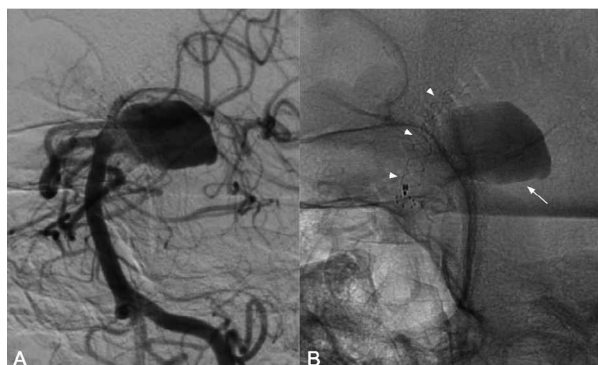


Рисунок 2. Селективная вертебральная ангиография, прямая проекция.

А — до имплантации поток-отклоняющего стента,

В — после имплантации поток-отклоняющего стента

Примечание: отмечается контрастирование гигантской частично тромбированной аневризмы ВМА-ЗМА (А). Выполнена имплантация поток-отклоняющего стента р64 (В) (стрелками указателями указано положение стента), со значимой стагнацией контраста в мешке аневризмы аневризмы (указана тонкой белой стрелкой).

Figure 2. Selective vertebral angiography, direct projection.

А — before implantation of the flow-diverting stent, **В** — after implantation of the flow-diverter stent

Note: contrasting of the giant partially thrombosed aneurysm of SCA-PCA junction (A) is noted. Implantation of the flow-diverting stent p64 (B) was performed (arrows indicate the stent position), with significant contrast stagnation in the aneurysmal sac (indicated by thin white arrow).



Рисунок 3. Селективная вертебральная, каротидная ангиография через 36 месяцев после имплантации поток-отклоняющего стента, прямая проекция.

А — вертебральная ангиография слева, **В** — каротидная ангиография справа

Примечание: отмечается тотальное выключение из кровотока гигантской частично тромбированной аневризмы ВМА-ЗМА (А). Обращает на себя внимание, заполнения бассейна правой ЗМА (В) из каротидного бассейна справа через заднюю соединительную артерию (указано тонкими белыми стрелками).

Figure 3. Selective vertebral, carotid angiography 36 months after implantation of a flow-diverter stent, direct projection.

А — vertebral angiography on the left, **В** — carotid angiography on the right

Note: total occlusion of the giant partially thrombosed SCA-PCA junction (A) aneurysm is noted. Note the filling of the right PCA (B) from the carotid system on the right through the posterior communicating artery (indicated by thin white arrows).

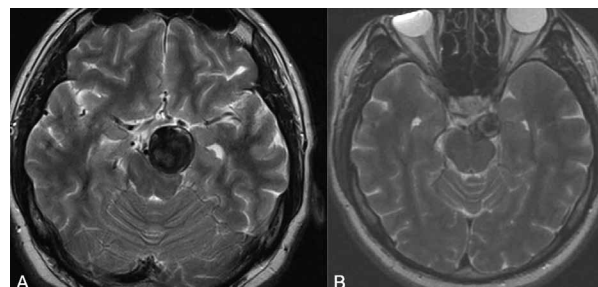


Рисунок 4. МРТ головного мозга в динамике

А — до операции, **В** — через 36 месяцев после операции

Примечание: отмечается частично тромбированная аневризма ВМА-ЗМА справа (А). При контрольном МРТ ГМ через 36 месяцев после имплантации поток-отклоняющего стента (В), аневризма полностью тромбированна, со значимым уменьшением её размеров и объемного воздействия на окружающую мозговую ткань.

Figure 4. MRI of the brain in dynamics

А — before surgery, **В** — 36 months after surgery

Note: partially thrombosed aneurysm of SCA-PCA junction on the right side is noted (A). At control MRI of the brain 36 months after implantation of the flow-diverter stent (B), the aneurysm is completely thrombosed, with a significant decrease in its size and mass effect on the surrounding brain tissue.

Имплантация потокперенаправляющего стента (ППНС) как первичный метод лечения была выполнена в 22,1 % (n=21) наблюдений. Данный вид вмешательства выполнялся преимущественно при фузиформном строении аневризмы с полным разрушением бифуркации, при крупных и гигантских аневризмах с манифестацией в виде объемного воздействия, а также при включении в тело аневризмы отходящих дочерних ветвей. Стоит отметить, что решение об имплантации ППНС принималось только при наличии функционально значимой задней соединительной артерии со стороны, противоположной стороне имплантации стента с целью минимизировать риски развития ишемических событий со стороны перекрытой стентом задней мозговой артерии (Рис. 2, 3, 4).

4. Оценка первичных и отдаленных ангиографических результатов

При анализе ангиограмм, выполняемых при окончании оперативного лечения и в отдаленном периоде определялась радикальность выключения аневризмы из кровотока по классификации Raymond-Roy (2006) для аневризм, окклюзированных спиралями, а также по классификации Cekirge-Saatci для аневризм, пролеченных при помощи потокперенаправляющих стентов.

Из 38 аневризм, пролеченных с помощью отделяемых спиралей, радикально были выключены из кровотока (класс А) — 23 (60,5 %), субтотально (Класс В) — 8 (21,1 %) и частично (Класс С) — 7 (18,4 %).

Из 36 аневризм, оперированных с помощью отделяемых спиралей со стент-ассистенцией радикально были выключены из кровотока (класс А) — 22

(61,1 %), субтотально (Класс В) — 8 (22,2 %) и частично (Класс С) — 6 (16,6 %).

Степень выключения аневризм из кровотока на контрольных послеоперационных ангиограммах после окклюзии аневризм спиралями и окклюзии аневризм спиралями со стент-ассистенцией были сопоставимы, и не имели значимых различий ($p = 0,962$) (Рис. 5).

Из 17 аневризм пролеченных со стентами, изготовленными по технологии лазерной резки радикально были выключены из кровотока (класс А) — 9 (52,9 %), субтотально (Класс В) — 5 (29,4 %) и частично (Класс С) — 3 (17,6 %) аневризм.

Из 19 аневризм, пролеченных с имплантацией плетеных стентов, радикально были выключены из кровотока (класс А) — 13 (68,4 %), субтотально (Класс В) — 3 (15,8 %) и частично (Класс С) — 3 (15,8 %) аневризм.

При сравнении радикальности в этих двух группах статистически значимых различий также, не было выявлено ($p = 0,571$) (Рис. 6).

Из 21 аневризм, оперированных с помощью ППНС, первичная реконструкция в виде стагнации

контраста в мешке аневризмы (класс 4А) была достигнута в 15 (71,4 %) случаев, в 6 (28,6 %) наблюдениях стагнации контраста в мешке аневризмы выявлено не было.

Отдаленными мы считали результаты контрольного ангиографического исследования, выполненные не ранее 6 месяцев после проведенного оперативного лечения.

Контрольная церебральная ангиография была выполнена у 72,5 % ($n=69$) пациентов.

Рецидивы аневризм были выявлены в 14,7 % ($n=14$) наблюдений. Зависимости между размером мешка аневризмы, шириной шейки и риском развития рецидива не выявлено не было ($p = 0,092$).

В отдаленном периоде после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями, контрольная ангиография была выполнена в 73,7 % (28/38) наблюдений. В динамике отмечалось уменьшение степени радикальности — totally выключены из кровотока (класс А) — 16 (57,1 %) и частично (Класс С) — 12 (42,9 %). В данной группе наблюдалось 6 рецидивов, в 3 случаях потребовавших повторного оперативного вмешательства.

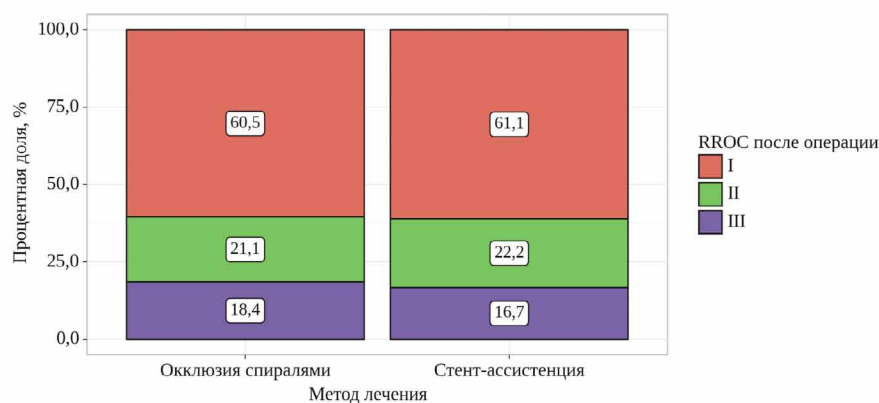


Рисунок 5. Степень первичной окклюзии аневризмы согласно классификации Raymond-Roy в зависимости от метода лечения.

Figure 5. Degree of primary aneurysm occlusion according to the Raymond-Roy classification depending on the treatment method.

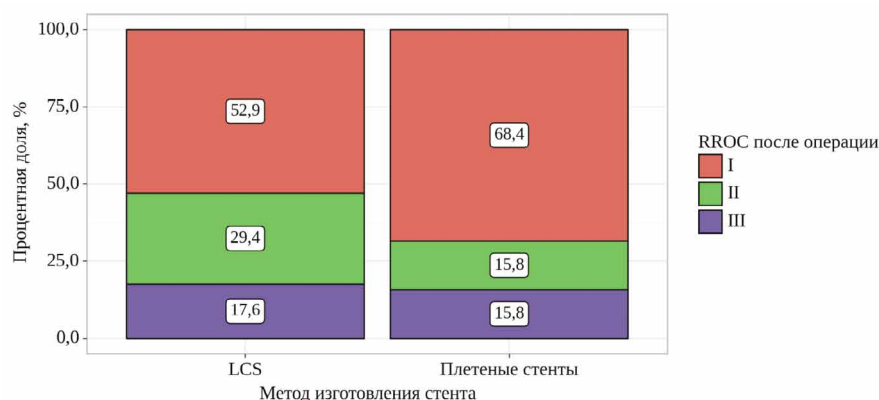


Рисунок 6. Степень первичной окклюзии аневризмы согласно классификации Raymond-Roy в зависимости от метода

изготовления стента. Figure 6. Degree of primary aneurysm occlusion according to the Raymond-Roy classification depending on the method of stent construction.

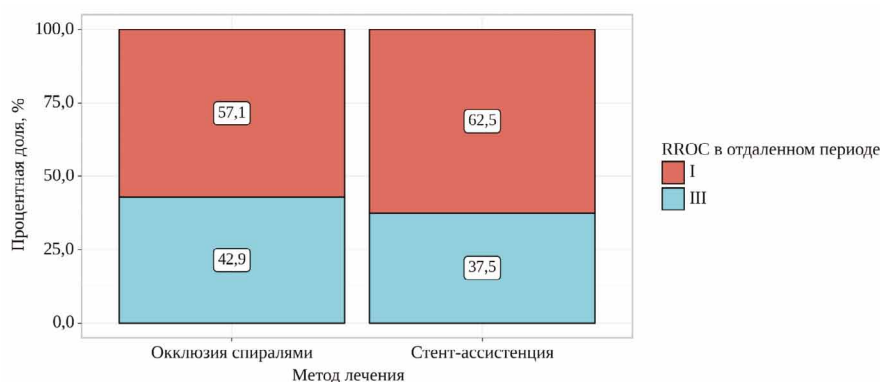


Рисунок 7. Степень окклюзии аневризмы в отдаленном периоде согласно классификации Raymond-Roy в зависимости от метода лечения. Figure 7. Degree of aneurysm occlusion in the remote period according to the Raymond-Roy classification depending on the method of treatment.

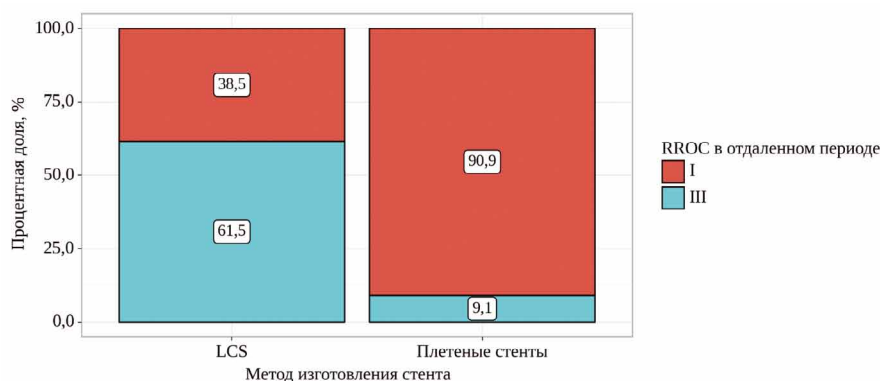


Рисунок 8. Степень окклюзии аневризмы в отдаленном периоде согласно классификации Raymond-Roy в зависимости от метода изготовления стента. Figure 8. Degree of aneurysm occlusion in the remote period according to the Raymond-Roy classification depending on the method of stent construction.

В отдаленном периоде после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями со стент-ассистенцией, контрольная ангиография была выполнена в 66,7 % (24/36) наблюдений — радикально выключены из кровотока (класс А) — 15 (62,5 %) и частично (Класс С) — 9 (37,5 %) (Рис. 7).

Из 13 аневризм пролеченных со стентами изготовленными по технологии лазерной резки в отдаленном периоде отмечалось снижение радикальности выключения аневризм из кровотока — (класс А) — 5 (38,4 %) и частично (Класс С) — 8 (61,5 %). В данной группе наблюдений было выявлено 7 рецидивов, 4 из которых потребовали повторного оперативного лечения.

Из 11 аневризм пролеченных с плетеными стентами в отдаленном периоде отмечалось повышение радикальности выключения аневризм из кровотока — (класс А) — 10 (90,9 %) и частично (Класс С) — 1 (9,1 %). В данной группе был выявлен 1 рецидив, после окклюзии аневризмы с ассиметричным стентированием с использованием стента Leo Baby в остром периоде кровоизлияния, не потребовавший повторного оперативного вмешательства (Рис. 8).

Таким образом, в группе аневризм пролеченных со стентами изготовленными по технологии лазерной резки в отдаленном периоде чаще возникали рецидивы аневризм ($p = 0,033$.) Шансы на развитие

рецидива в группе плетеных стентов были ниже в 11,7, по сравнению с группой стентов изготовленных по технологии лазерной резки, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 0,086; 95 % ДИ: 0,008–0,878).

При этом, среди аневризм пролеченных со стентами изготовленными по технологии лазерной резки, чаще возникала потребность в проведении повторного оперативного лечения в связи со значимым рецидивом ($p = 0,045$). Шансы потребности в повторном оперативном лечении в группе плетеных стентов были ниже в 12,3 раза, по сравнению с группой стентов изготовленных по технологии лазерной резки, различия шансов не были статистически значимыми (ОШ = 0,081; 95 % ДИ: 0,004–1,636).

В отдаленном периоде после оперативного лечения аневризм с помощью поток-отклоняющего стента, контрольная ангиография была выполнена в 70,8 % (17/21) наблюдений.

Согласно классификации Cekirge-Saatci, стабильная окклюзия (тип I и V), была достигнута в 5,9 % ($n=1$) и 23,5 % ($n=4$) наблюдений соответственно. В 17,6 % ($n=3$) наблюдений, отмечалось минимальное пришеечное заполнение аневризмы (тип II), в 52,9 % ($n=9$) отмечалась частичная окклюзия аневризмы, либо размеры аневризмы были без динамики.

В 2 (11,7 %) наблюдениях при проведении контрольной ангиографии была отмечена окклюзия Р1 сегмента ЗМА противоположной стороны, протекавшая асимптомно.

При анализе рисков развития рецидива после операции в зависимости от периода кровоизлияния не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,420$).

5. Ближайшие и отдаленные клинические исходы

Проведен анализ интра- и постоперационных осложнений, ближайших и отдаленных исходов оперативного лечения.

Клинический исход после операции был отличным у 83 (87,9 %) пациентов (mRS 0–1 балла); 7 (7,7 %) пациентов имели легкие нарушения жизнедеятельности (2–3 балла), 3 (3,3 %) пациента имели тяжелые нарушения жизнедеятельности (4–5 баллов), и 1 (1,1 %) пациент умер (6 баллов).

Осложнения, связанные с операцией, наблюдались в 4,2 % ($n=4$) наблюдений, из них 3,2 % ($n=3$) повлияли на конечный исход лечения. В 2,2 % ($n=2$) осложнения носили ишемический характер, в 1,1 % ($n=1$) наблюдении геморрагический характер, в 1,1 % ($n=1$) наблюдений отмечалось сочетание геморрагического и ишемического осложнения (табл. 1).

В 1 (1,1 %) наблюдении, у пациентки, оперированной на 7 сутки после разрыва аневризмы, в послеоперационном периоде отмечалось злокачественное течение вазоспазма с развитием констриктивно-стенотической артериопатии, диффузным отеком головного мозга, арезорбтивной тетравертикулярной гидроцефалии, потребовавшими проведения внутренней и наружной декомпрессии.

Обсуждение

В исследованиях, посвященных лечению аневризм ВББ, эндоваскулярный метод лечения показал свое преимущество в достижении положительных клинических исходов по сравнению с результатами микрохирургических операций, однако был ассоциирован с меньшей радикальностью выключения аневризм из кровотока и большей частотой развития рецидивов, что требовало повторных оперативных вмешательств.

По данным недавнего систематического обзора Medani K. et al [17], в который были включены дан-

ные 4651 пациентов с аневризмами верхней развилки основной артерии, благоприятный клинический исход был выше при эндоваскулярной операции (86,4 %) по сравнению с микрохирургическим вмешательством (79,6 %). Однако радикальность выключения аневризм из кровотока с тотальной/субтотальной окклюзией аневризм, была выше в группе микрохирургического лечения (92,6 %), по сравнению с группой после окклюзии аневризм отделяемыми спиралями (83,8 %).

Недостатком эндоваскулярной окклюзии аневризм данной локализации только отделяемыми спиралями является более высокая частота рецидивов и необходимость повторного оперативного лечения [18].

Так, в крупном исследовании, посвященном эндоваскулярному лечению 316 аневризм бифуркации базилярной артерии, H Henkes с соавт. (2005) продемонстрировали 86 % показатель тотальной/субтотальной первичной окклюзии пролеченных аневризм, однако, через 55,8 месяца наблюдения этот показатель снизился до 48 % [19].

Также была выявлена взаимосвязь между морфометрическими характеристиками и стабильностью окклюзии аневризм. При крупных аневризмах с широкой шейкой, в отличие от аневризм с узкой шейкой, рецидивы после окклюзии только спиралями наблюдались в 57 % случаев, в связи с чем требовалась доэмболизация функционирующей части аневризм. При аневризмах с узкой шейкой стабильный ангиографический результат сохранялся в 92 % случаев [17,20].

Проведенный нами анализ лечения аневризм верхней трети основной артерии продемонстрировал тотальную/субтотальную первичную окклюзию выключения аневризм спиралями в 81,6 % наблюдений. Однако при контрольной ангиографии через 6 месяцев после операции тотальное/субтотальное выключение аневризм было выявлено только в 57,1 % наблюдений. Рецидивы аневризм были выявлены в 22,4 %, и в 11,2 % случаев, потребовали повторного оперативного лечения.

Внедрение в клиническую практику интракраниальных стентов в значительной степени расширило показания для проведения эндоваскулярных операций и способствовало повышению радикальности выключения аневризм из кровотока в долгосрочной перспективе.

Таблица 1. Осложнения связанные с оперативным вмешательством. Table 1. Complications associated with surgery.

Пол/возраст	Тип аневризмы	Размер аневризмы мм / шейка	Метод лечения	mRS до операции	Осложнения	mRS после операции
63/муж	Мешотчатая	8,5/широкая	Окклюзия спиралями	1	Перфорация мешка аневризмы	1
43/муж	Мешотчатая	10/узкая	Окклюзия спиралями	0	Миграция комплекса спиралей с окклюзией ЗМА	2
68/жен	Мешотчатая	25,1/широкая	Стент-ассистенция	1	Нарастание компрессии ствола мозга	6
55/жен	Мешотчатая	2,4/широкая	Стент-ассистенция	1	Миграция стента	5

Chaluohi et al, (2012) на основании лечения 235 больных с аневризмами верхней развилки ОА, продемонстрировали первичную степень окклюзии 88,4 % и 86,4 % для микроспиралей и стент-ассистенции с использованием стентов изготовленных по технологии лазерной резки (Laser-cut stents, LCS), соответственно. При оценке отдаленных результатов частота тотальной окклюзии аневризм была выше при стент-ассистенции (81 % при средней длительности наблюдения 17,3 месяца) по сравнению с обычной окклюзией аневризмы микроспиральями (61 % при среднем сроке наблюдения 27,7 месяца) [7].

К недостаткам стентов изготовленных по технологии лазерной резки, можно отнести риск недостаточного их прилегания к стенке артерии, резкую деформацию (перелом) стента, особенно при извитой анатомии несущих сосудов, эффект песочных часов (для стентов с закрытой ячейки на фоне выполнения Y-стентирования), минимальный эффект перенаправления потока крови [7].

Появление новых плетеных ассистирующих стентов позволило улучшить результаты хирургического лечения, в том числе и в отдаленном периоде, за счет нивелирования недостатков LCS, а также за счет большего количества металла прилегающего к стенке сосуда и создающего частичный поток-перенаправляющий эффект, который способствует оптимизации выключения аневризмы из кровотока в отдаленном периоде. Также, за счет возможности перераскрытия данных стентов на уровне шейки аневризмы, в большинстве случаев, удается добиться более значимого ремоделирования сосуда в области шейки аневризмы.

По данным исследования Strittmatter et al (2022), при сравнении результатов лечения церебральных аневризм с помощью LCS и плетеных стентов, радикальность первичного выключения из кровотока была сопоставима в обеих группах, однако радикальность при долгосрочном наблюдении была выше в группе плетеных стентов [21].

Согласно нашим данным, радикальность выключения аневризм из кровотока после эмболизации спиральями со стент-ассистенцией, также коррелировала с видом стента, использованным при оперативном лечении.

Так, тотальное/субтотальное выключение аневризмы из кровотока составило 90,9 % (n=10) и 38,4 % (n=5) для плетеных стентов и LCS соответственно. Риск рецидива аневризмы и потребности в повторном оперативном лечении был выше в группе LCS (p = 0,033 и p = 0,045 соответственно).

С момента появления потокоперенаправляющих стентов, они получили широкое признание в лечении церебральных аневризм. Однако безопасность использования ППНС для лечения аневризм, располагающихся на участках артерий, богатых перфорирующими артериями, остается вопросом, требующим дальнейшего всестороннего изучения.

Согласно данным недавнего метаанализа, посвященного лечению аневризм вертебробазилярного бас-

сейна с помощью ППНС, смертность, связанная с операцией, составила 15 %, при этом, показатели были значительно выше у пациентов с гигантскими аневризмами и аневризмами ствола базилярной артерии. Через 6 месяцев после операции тотальная окклюзия была достигнута в 84 %. Частота ишемических инсультов составила 11 %, 7 % — тромбоза перфорантных артерий, САК — 3 % и паренхиматозные кровоизлияния развились в 4 % случаев [22]. Согласно же данным Wang J. с соавт. (2019), при использовании Pipeline (PED) для лечения аневризм ВББ не было найдено статистически значимой разницы частоты окклюзии перекрытых стентом перфорантов — 16,0 % (4/25) для группы PED и 15,4 % (2/13) в контрольной группе (OR 0,955; 95 % ДИ 0,150–6,056; p = 0,961) [23,24].

Согласно нашим данным, тотальное/субтотальное выключение аневризмы из кровотока после имплантации поток-отклоняющего стента через полгода составила 47 % (n=8), через год радикальность окклюзии увеличивается. Интра- и послеоперационных осложнений в данной группе выявлено не было. В 2 (11,7 %) наблюдениях при проведении контрольной ангиографии была отмечена асимптомное отсутствие заполнения P1 сегмента ЗМА противоположной стороны, с заполнением бассейна ЗМА, через заднюю соединительную артерию.

Несмотря на сопоставимость ангиографических результатов эндоваскулярного и микрохирургического методов лечения, риски развития периоперационных осложнений, а также частота инвалидизации и смертности, по данным последних метаанализов, возникали достоверно чаще после микрохирургического вмешательства (табл. 2).

Микрохирургическое лечение аневризм данной локализации часто ассоциируется с развитием недостаточности ЧМН, повреждением таламоперфорирующих артерий и развитием тракционного повреждения головного мозга [7–9].

По данным исследования Lozier et al, посвященного микрохирургическому лечению 98 пациентов с аневризмами верхней развилки основной артерии, частота интраоперационных осложнений, среди которых наиболее часто встречающимися были повреждение ЧМН нервов и перфорирующих артерий (21,4 и 14,3 % наблюдений соответственно), составила 52 %. Частота грубой инвалидизации, обусловленной интраоперационными осложнениями достигала 24 % [25].

Согласно систематическому обзору Dandurand C. et al, (2020), посвященному сравнению результатов микрохирургического и эндоваскулярного методов лечения, показатели послеоперационного неврологического дефицита были значимо выше в группе микрохирургического лечения и достигали 78 %. Чаще встречались интраоперационные разрывы аневризм и повреждение перфорирующих артерий. Повреждение перфорирующих артерий было наиболее частой причиной инвалидизации в послеоперационном периоде [26] (табл. 3).

Таблица 2. Частота инвалидизации и смертности в зависимости от метода лечения.

М — микрохирургический метод лечения; Э — эндоваскулярный метод лечения.

Table 2. Frequency of disability and mortality depending on the method of treatment.

М — microsurgical treatment; Э — endovascular treatment.

Автор/год	Микрохирургический/ эндоваскулярный	Количество наблюдений	Инвалидизация, %	Смертность, %
Drake C. / 1996	М	895	10	6
Lozier A. / 2004	М	98	24	7
Tjahjadi M / 2017	Э	98	8	1
Dandurand C. / 2020	М/Э	13/104	54/8,6	0/0
Наши данные	Э	95	2,1	1,1

М — микрохирургический метод лечения; Э — эндоваскулярный метод лечения.

Таблица 3. Частота осложнений в зависимости от метода лечения.

Table 3. Frequency of complications depending on the treatment method.

Метод лечения	Количество наблюдений	Тромбоэмболические события	Кровоизлияния	Недостаточность ЧМН	Повреждение перфорантов
Микрохирургия	82	10 (28 %)	4 (5 %)	67 (82 %)	7 (9 %)
Окклюзия спиралями	68	11 (16 %)	1 (1 %)	6 (9 %)	0
Окклюзия со стент-ассистенцией	105	13 (12 %)	2 (3 %)	2 (3 %)	0

В нашей серии осложнения, связанные с операцией, наблюдались в 4,2 % (n=4) наблюдений, из них 3,2 % (n=3) повлияли на конечный исход лечения пациента. В 2,2 % (n=2) осложнения носили ишемический характер, в 1,1 % (n=1) наблюдении геморрагический характер, в 1,1 % (n=1) наблюдений отмечалось сочетание геморрагического и ишемического осложнения. В 1,1 % (n=1) наблюдении интраоперационное осложнение привело к грубой инвалидизации (mRS 5 баллов), в 1,1 % (n=1) наблюдении нарастание компрессии ствола мозга комплексом микроспиралей из-за гигантского размера аневризмы в послеоперационном периоде привело к летальному исходу (табл. 1).

Заключение

Эндоваскулярное лечение аневризм верхней трети основной артерии путем окклюзии микроспиральями и / или с применением других современных эндоваскулярных методик является эффективным и достаточно безопасным. Использование современных плетеных ассистирующих стентов позволяет добиться более высокой радикальности окклюзии аневризмы в долгосрочной перспективе. Безопасность использования и эффективность потокперенаправляющих стентов в лечении аневризм верхней трети основной артерии требуют дальнейшего изучения, однако полученные нами результаты свидетельствуют о возможности их эффективного применения данного метода лечения при сложных аневризмах данной локализации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study 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

ORCID авторов / ORCID of authors

Коломин Егор Геннадьевич / Kolomin Egor Gennadievich
<http://orcid.org/0000-0002-3904-2393>

Петров Андрей Евгеньевич / Petrov Andrey Evgenyevich
<http://orcid.org/0000-0002-3112-6584>

Рожченко Лариса Витальевна / Rozhchenko Larisa Vitalievna
<http://orcid.org/0000-0002-0974-460X>

Горощенко Сергей Анатольевич / Goroshchenko Sergey Anatolievich
<http://orcid.org/0000-0001-7297-3213>

Иванов Аркадий Александрович / Ivanov Arkady Aleksandrovich
<https://orcid.org/0000-0002-0065-0391>

Бобинов Василий Витальевич / Bobinov Vasilii Vitalievich
<http://orcid.org/0000-0003-0956-6994>

Самочерных Константин Александрович / Samochernykh Konstantin Aleksandrovich
<https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Литература/References

- Church EW, Bigder MG, Sussman ES, Gummidipundi SE, Han SS, Heit JJ, et al. Treatment of posterior circulation fusiform aneurysms. *J Neurosurg.* 2021;134:1894–900. doi: 10.3171/2020.4.JNS.192838.
- Wiebers DO. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *The Lancet.* 2003;362:103–10. doi: 10.1016/s0140–6736(03)13860-3.
- Schievink WI, Wijdicks EFM, Piepgras DG, Chu C-P, O'Fallon WM, Whisnant JP. The poor prognosis of ruptured intracranial aneurysms of the posterior circulation. *J Neurosurg.* 1995;82:791–5. doi: 10.3171/jns.1995.82.5.0791.
- Lozier AP, Connolly ES, Lavine SD, Solomon RA, Guglielmi detachable coil embolization of posterior circulation aneurysms: A systematic review of the literature. *Stroke.* 2002;33(10):2509–18. doi: 10.1161/01.str.0000031928.71695.a9.
- Goehre F, Jahromi BR, Hernesniemi J, Elsharkawy A, Kivisaari R, Von Und Zu Fraunberg M, et al. Characteristics of posterior cerebral artery aneurysms: An angiographic analysis of 93 aneurysms in 81 patients. *Neurosurgery.* 2014;75:134–43. doi: 10.1227/NEU.0000000000000363.
- Peluso JPP, van Rooij WJ, Sluzewski M, Beute GN. Superior cerebellar artery aneurysms: Incidence, clinical presentation and midterm outcome of endovascular treatment. *Neuroradiology.* 2007;49:747–51. doi: 10.1007/s00234-007-0251-z.
- Chalouhi N, Jabbour P, Gonzalez LF, Dumont AS, Rosenwasser R, Starke RM, et al. Safety and Efficacy of Endovascular Treatment of Basilar Tip Aneurysms by Coiling With and Without Stent Assistance. *Neurosurgery [Internet].* 2012;71:785–94. doi: 10.1227/NEU.0b013e318265a416.
- Sekhar LN, Tariq F, Morton RP, Ghodke B, Hallam DK, Barber J, et al. Basilar tip aneurysms: a microsurgical and endovascular contemporary series of 100 patients. *Neurosurgery.* 2013;72:284–98. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182797952.
- Li J, Su L, Ma J, Kang P, Ma L, Ma L. Endovascular Coiling Versus Microsurgical Clipping for Patients With Ruptured Very Small Intracranial Aneurysms: Management Strategies and Clinical Outcomes of 162 Cases. *World Neurosurg.* 2017;99:763–9. doi: 10.1016/j.wneu.2015.11.079.
- Куканов К. К., Тастанбеков М. М., Олюшин В. Е., Пустовой С. В. Хирургическое лечение пациентов с менингиомами области большого затылочного отверстия: ближайшие и отдалённые результаты. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова.* 2017;9(1):36–42. eLIBRARY ID: 41260938 EDN: REBCQI [Kukanov K. K., Tastanbekov M. M., Olyushin V. E., Pustovoi S. V. Surgical treatment of patients with meningiomas of the foramen magnum: immediate and long-term results. *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. professora A. L. Polenova.* 2017;9(1):36–42. eLIBRARY ID: 41260938 EDN: REBCQI (In Russ.).]
- Куканов К. К., Тастанбеков М. М., Олюшин В. Е., Пустовой С. В., Пряников М. В. Менингиомы большого затылочного отверстия: обзор литературы и случаи из практики. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова.* 2015;7(1):62–72. eLIBRARY ID: 41310299 EDN: AYGUHH [Kukanov K. K., Tastanbekov M. M., Olyushin V. E., Pustovoi S. V., Pryanikov M. V. Meningiomas of the foramen magnum: a review of the literature and a case report. *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. professora A. L. Polenova.* 2015;7(1):62–72. eLIBRARY ID: 41310299 EDN: AYGUHH (In Russ.).]
- Куканов К. К., Тастанбеков М. М., Олюшин В. Е. Менингиомы большого затылочного отверстия: результаты хирургического и радиохирургического лечения. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова.* 2016;8 (4):26–35 EDN LJHXLU. eLIBRARY ID: 41235564 [Kukanov KK, Tastanbekov MM, Olyushin VE Meningiomas of the foramen magnum: results of surgical and radiosurgical treatment. *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal im. professora A. L. Polenova.* 2016;8 (4):26–35 EDN LJHXLU. eLIBRARY ID: 41235564 (In Russ.).]
- Bohnstedt BN, Ziemba-Davis M, Sethia R, Payner TD, DeNardo A, Scott J, et al. Comparison of endovascular and microsurgical management of 208 basilar apex aneurysms. *J Neurosurg.* 2017;127:1342–52. doi: 10.3171/2016.8.JNS.16703.
- Курзакова И. О., Яковлев С. Б. Эндоваскулярное лечение аневризм бифуркации базилярной артерии при помощи стента pConus. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко.* 2023;87(4):83–92. <https://doi.org/10.17116/neiro20238704183> [Kurzakova IO, Yakovlev SB. pConus device for endovascular treatment of basilar bifurcation aneurysms. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N. N. Burdenko.* 2023;87(4):83–92. (In Russ.).]
- Бобинов В. В., Петров А. Е., Горощенко С. А. Исторические аспекты хирургического лечения церебральных аневризм. Часть I. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова.* 2020; 12(1): 5–11. [Bobinov V. V., Petrov A. E., Goroshchenko S. A. Historical aspects of surgical treatment of cerebral aneurysms. Part I. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov.* *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova.* 2020; 12(1): 5–11 (In Russ.).]
- Бобинов В. В., Рожченко Л. В., Горощенко С. А., Коломин Е. Г., Петров А. Е. Ближайшие и отдаленные результаты внутрисосудистой окклюзии церебральных аневризм отделяемыми спиралями. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова.* 2022;14(2):29–36 [Bobinov V. V., Rozhchenko L. V., Goroshchenko S. A., Kolomin E. G., Petrov A. E. Immediate and long-term results of endovascular coiling of cerebral aneurysms. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov.* *Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova.* 2022;14(2):29–36 (In Russ.).]
- Medani K, Hussain A, Quispe Espiritu JC, Mayeku J, Avilés-Rodríguez GJ, Sikka A, et al. Basilar apex aneurysm systematic review: Microsurgical versus endovascular treatment. *Neurochirurgie.* 2022;68:661–73. doi: 10.1016/j.neuchi.2022.07.007.
- Tsianaka E, Al-Shawish A, Potapov A, Fountas K, Spyrou M, Kononov N. Clipping versus coiling in posterior circulation intracranial aneurysms: A meta-analysis. *Chin Neurosurg J.* 2019;5. doi: 10.1186/s41016-019-0163-x.
- Henkes H, Fischer S, Mariushi W, Weber W, Liebig T, Miloslavski E, et al. Angiographic and clinical results in 316 coil-treated basilar artery bifurcation aneurysms. *J Neurosurg.* 2005;103:990–9. doi: 10.3171/jns.2005.103.6.0990.
- Bavinzski G, Killer M, Gruber A, Reinprecht A, Gross CE, Richling B.

- Treatment of basilar artery bifurcation aneurysms by using Guglielmi detachable coils: A 6-year experience. *J Neurosurg.* 1999;90:843–52. doi: 10.3171/jns.1999.90.5.0843.
21. Strittmatter C, Meyer L, Broocks G, Alexandrou M, Politi M, Boutchakova M, et al. Procedural Outcome Following Stent-Assisted Coiling for Wide-Necked Aneurysms Using Three Different Stent Models: A Single-Center Experience. *J Clin Med.* 2022;11. doi: 10.3390/jcm11123469.
22. Wang C Bin, Shi WW, Zhang GX, Lu HC, Ma J. Flow diverter treatment of posterior circulation aneurysms. A meta-analysis. *Neuroradiology.* 2016;58:391–400. doi: 10.1007/s00234-016-1649-2.
23. Wang J, Jia L, Duan Z, Wang Z, Yang X, Zhang Y, et al. Endovascular Treatment of Large or Giant Non-saccular Vertebrobasilar Aneurysms: Pipeline Embolization Devices Versus Conventional Stents. *Front Neurosci.* 2019; 28;13:1253. doi: 10.3389/fnins.2019.01253.
24. Горощенко С. А. Современное состояние диагностики и лечения немешотчатых аневризм вертебробазилярного бассейна. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2022;86(3):109–114. <https://doi.org/10.17116/neiro202286031109> [Goroshchenko SA. Diagnosis and treatment of non-saccular vertebrobasilar aneurysms. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2022;86(3):109–114. <https://doi.org/10.17116/neiro202286031109> (In Russ.)].
25. Lozier AP, Kim GH, Sciacca RR, Connolly ES, Solomon RA, Batjer HH, et al. Microsurgical Treatment of Basilar Apex Aneurysms: Perioperative and Long-term Clinical Outcome. *Neurosurgery.* 2004;54:286–99. doi: 10.1227/01.neu.0000103222.13642.00.
26. Dandurand C, Prakash S, Sepehry AA, Tourigny K, Haw CS, Gooderham P, et al. Basilar Apex Aneurysm: Case Series, Systematic Review, and Meta-analysis. *World Neurosurg.* 2020;138: e183–90. doi: 10.1016/j.wneu.2020.02.064.