

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
НЕЙРОХИРУРГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Н.Н. БУРДЕНКО»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

Абрамян Аревик Арсеновна

МИКРОХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ РЕЗИДУАЛЬНЫХ И РЕКУРРЕНТНЫХ  
ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

3.1.10. Нейрохирургия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук,  
профессор Элиава Шалва Шалвович

Москва – 2024

## Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Обзор литературы.....	10
1.1 Определение понятия резидуальной и рекуррентной аневризмы .....	10
1.2 Эпидемиология резидуальных и рекуррентных аневризм .....	10
1.3 Факторы риска образования резидуальных и рекуррентных аневризм .....	14
1.4 Классификация резидуальных и рекуррентных аневризм.....	17
1.5 Диагностика резидуальных и рекуррентных аневризм.....	19
1.6 Мировой опыт хирургического лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм.....	22
Глава 2 Характеристика клинического материала и методы исследования .....	28
2.1 Общая характеристика пациентов.....	28
2.2 Общая характеристика исследуемых аневризм .....	29
2.3 Общая характеристика оперативных вмешательств на аневризме.....	30
2.4 Общая характеристика диагностики резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм.....	31
2.5 Методы статистического анализа и обработки данных .....	33
Глава 3 Особенности первичной операции. Факторы риска, влияющие на неполное выключение церебральных аневризм из кровотока .....	35
3.1 Клинические проявления на момент первичной операции .....	35
3.2 Выбор метода хирургического вмешательства.....	36
3.3 Особенности предоперационного планирования микрохирургического вмешательства .....	40
3.4 Интраоперационные осложнения.....	47
3.5 Методы интраоперационного контроля радикальности выключения аневризмы из кровотока.....	51
3.6 Выявленные факторы риска неполного выключения аневризмы по данным проведенного статистического анализа .....	53

Глава 4 Инструментальная диагностика резидуальных и рекуррентных аневризм. Показания и сроки выполнения контрольного ангиографического исследования	57
4.1 Цифровая субтракционная ангиография .....	57
4.2 СКТ-АГ .....	59
4.3 МРА .....	63
4.4 Особенности выбора диагностического метода .....	65
4.5 Сроки выполнения контрольного ангиографического исследования .....	69
Глава 5 Особенности повторной операции. Хирургическое лечение резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм .....	73
5.1 Клинические проявления на момент повторной операции .....	73
5.2 Показания к повторному хирургическому лечению резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм.....	75
5.3 Выбор метода повторного хирургического вмешательства .....	75
5.4 Особенности микрохирургического лечения ранее клипированных аневризм	79
5.5 Особенности микрохирургического лечения ранее окклюзированных спиралями аневризм.....	88
5.6 Результаты микрохирургического лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм.....	96
Заключение .....	102
Выводы .....	109
Практические рекомендации.....	111
Список сокращений.....	113
Список литературы .....	114

## Введение

Актуальность темы исследования

Целью как микрохирургического, так и эндоваскулярного лечения церебральных аневризм является их радикальное выключение. Однако, в некоторых случаях добиться тотального выключения аневризмы не удастся. Лечение резидуальных и рекуррентных аневризм представляет собой сложную хирургическую проблему, потому что, помимо недостигнутого желаемого результата лечения, хирург и пациент сталкиваются со сложным решением о возможном дальнейшем лечении [1–7].

Еще в 1960-х была опубликована серия проспективных рандомизированных исследований, в которой взвешивались риски и преимущества хирургического вмешательства в зависимости от локализации аневризмы [66–68]. С тех пор риски хирургического вмешательства заметно снизились, учитывая появление операционного микроскопа, усовершенствование микрохирургического инструментария, повышение качества анестезии и послеоперационного ухода, появление диагностических методов, накопившегося хирургического опыта и, безусловно, внедрения эндоваскулярного метода лечения церебральных аневризм.

Несмотря на такое успешное развитие хирургии в целом, накопленные данные об отдаленных результатах такого лечения дают понять, что достигнуть желаемого результата получается далеко не всегда. Даже исходный идеальный послеоперационный результат может быть недолговечен, более того, в определенных случаях вероятность субарахноидального кровоизлияния может возобновиться [8, 36]. Риск повторного кровоизлияния из такой аневризмы соотносится с риском хирургического вмешательства, которое может быть намного сложнее и опаснее, чем у ранее не оперированной аневризмы.

В крупных исследованиях отмечено, что не полностью клипированные церебральные аневризмы выявляются в среднем у 5% пациентов, а тотальной эндоваскулярной окклюзии удастся достигнуть только у 82%. В остром периоде

субарахноидального кровоизлияния эта цифра еще меньше и составляет 82-96% для микрохирургической группы и 48-66% для эндоваскулярной группы [71, 101].

Последние крупные мультицентровые исследования, посвященные хирургическому лечению аневризм, указывают на то, что около 1,7-1,8% аневризм (1,3% после микрохирургии, 3,4% после эндоваскулярного лечения) несут риск повторного кровоизлияния в течение первого года после операции [17, 50, 70, 72, 73]. При этом, риск повторного кровоизлияния имеет четкую зависимость от степени радикальности выключения аневризмы из кровотока.

Специалисты НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко регулярно сталкиваются со случаями резидуальных и рекуррентных аневризм, оперированных микрохирургическим и эндоваскулярным способом.

Таким образом, повторные операции на аневризмах представляют собой сложную проблему. Изучение причин неудачных операций и выбор метода лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм представляется актуальной и клинически важной задачей.

#### Степень разработанности темы исследования

Как определение факторов риска образования резидуальных и рекуррентных аневризм, так и тактика ведения таких пациентов до настоящего времени является спорной темой и предметом интереса среди специалистов.

На сегодняшний день для не полностью выключенных из кровотока аневризм не разработано единой стратегии лечения, которая учитывает факторы риска нерадикального выключения и способствует сохранению радикального результата выключения аневризмы из кровотока в отдаленном послеоперационном периоде.

Данные проблемы требуют дальнейшего изучения на основе сравнения факторов риска заболевания, степени радикальности выключения, ангиографических характеристик, тяжести клинического течения болезни и значимых диагностических нейрорадиологических факторов. Необходимость решения этих задач явилась основанием к проведению данного диссертационного исследования.

### Цель исследования

Оптимизация диагностики и тактики хирургического лечения у пациентов с резидуальными и рекуррентными церебральными аневризмами.

### Задачи исследования

1. Изучить основные технические особенности и проанализировать результаты микрохирургических операций по поводу резидуальных и рекуррентных аневризм.
2. Выявить факторы, повышающие риск неполного выключения церебральных аневризм при первичной операции.
3. Определить показания к повторной операции у пациентов с резидуальными и рекуррентными аневризмами.
4. Уточнить критерии выбора метода повторного хирургического лечения у пациентов с резидуальными и рекуррентными аневризмами.
5. Разработать рекомендации по методам и срокам выполнения контрольного ангиографического исследования после операций по поводу церебральных аневризм.

### Научная новизна

Впервые выполнен анализ результатов хирургического лечения пациентов с резидуальными и рекуррентными аневризмами после первичного микрохирургического или эндоваскулярного лечения, которым была проведена повторная микрохирургическая операция выключения аневризмы в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 2009 по 2022 гг.

Систематизированы факторы риска неполного выключения церебральных аневризм и выявлены достоверные факторы риска на основе статистического анализа крупной выборки пациентов, оперированных в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.

Предложена тактика диагностического поиска резидуальных и рекуррентных аневризм с помощью инструментальных методов диагностики.

Подробно анализированы показания и технические особенности повторных микрохирургических операций на церебральной аневризме.

#### Методология и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ результатов обследования и лечения 80 пациентов с резидуальными и рекуррентными аневризмами, оперированных микрохирургическим способом с 2009 по 2022 г. на базе 3 нейрохирургического отделения (сосудистая нейрохирургия) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

Для оценки возможных факторов риска неполного выключения аневризмы был проведен дополнительный анализ 1600 пациентов (1463 были радикально выключены из кровотока, у 137 отмечалась резидуальная аневризма) с ранее проведенным лечением церебральной аневризмы в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко. В этом анализе пациенты были пролечены как микрохирургическим, так и эндоваскулярным методом.

Осуществлена регистрация анамнестических, клинико-инструментальных и хирургических данных согласно разработанному протоколу исследования.

При анализе полученных данных применялись общенаучные методы обобщения, статистического и сравнительного анализа, табличные и графические приемы представления данных. Использовались сертифицированные программные комплексы статистической обработки.

#### Основные положения, выносимые на защиту

1. Вероятность радикального выключения церебральной аневризмы зависит от различных факторов, которые следует учитывать при индивидуальном планировании варианта хирургического лечения.

2. При выборе метода послеоперационного инструментального контроля выключения аневризмы из кровотока и тактики скрининга резидуальных и рекуррентных аневризм необходимо учитывать метод и особенности первичной операции с оценкой типа установленных имплантов.

3. Индивидуальный подход к выбору метода как первичного, так и повторного хирургического вмешательства оптимизирует тактику лечения пациентов с церебральными аневризмами, и позволяет повысить радикальность выключения аневризмы из кровотока.

#### Внедрение результатов работы в практику

Разработанный алгоритм комплексного обследования и выбора тактики хирургического лечения пациентов с резидуальными и рекуррентными аневризмами головного мозга внедрены в практику 3 нейрохирургического отделения (сосудистая нейрохирургия) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

#### Оценка достоверности результатов исследования

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается проведенным статистическим анализом. Они не противоречат известным факторам риска и методам лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм и согласуются с публикациями отечественных и зарубежных специалистов по данной проблематике.

#### Апробация материалов диссертации

Основные материалы диссертации доложены на: XX Всероссийской конференции нейрохирургов с международным участием «Поленовские Чтения» (Санкт-Петербург, 2021 г.); XXII Всероссийской конференции нейрохирургов с международным участием «Поленовские Чтения» (Санкт-Петербург, 2023 г.); Всероссийской конференции «Периоперационные осложнения в нейрохирургии и травматологии. Как я с этим справился» (Красноярск, 2021 г.), Международном симпозиуме Вурасс 2020 – Anniversary Symposium (Цюрих, Швейцария, 2020 г.); на расширенном заседании проблемной комиссии «Сосудистая нейрохирургия» ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России 22.06.2023 (протокол № 2/23).



### Публикации

По теме работы опубликовано 10 печатных работ, из них 4 статьи - в научных рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России, 3 статьи - в международных научных рецензируемых журналах, 3 – в виде тезисов в журналах и в сборниках материалов профильных отечественных конференций и зарубежного симпозиума.

### Структура и объем диссертации

Диссертация представлена в виде рукописи, изложена на 127 страницах машинописного текста, иллюстрирована 19 таблицами и 52 рисунками. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Библиографический указатель содержит 115 источников, из них 7 отечественных и 108 зарубежных.

## **Глава 1 Обзор литературы**

### **1.1 Определение понятия резидуальной и рекуррентной аневризмы**

Сохраняющиеся при неполном выключении фрагменты церебральных аневризм, которые характеризуется их продолжающимся заполнением сразу после первичного оперативного вмешательства, принято обозначать как резидуальные (остаточные) аневризмы [79]. В ряде случаев в области ранее полностью выключенной тем или иным способом аневризмы выявляется повторное формирование аневризмы. Такие аневризмы принято обозначать рекуррентными (возвратными).

Необходимо отметить, что, несмотря на существование достаточно четких определений понятий резидуальных и рекуррентных аневризм, их дифференцировка в клинической практике зачастую затруднена. Это обусловлено тем, что в силу различных причин резидуальная часть может быть не диагностирована сразу после первичной операции, либо отсутствуют данные о ее размерах и конфигурации [22]. В отличие от эндоваскулярных вмешательств, где первоначальная степень полноты выключения аневризмы в большинстве случаев может быть оценена на момент окончания операции, интраоперационные методы контроля при микрохирургических операциях не являются исчерпывающими [6, 50]. Этот факт является главным ограничением многих, даже масштабных, исследований, в которых ученые стремятся оценить факторы риска формирования остаточной аневризмы [50]. В связи с этим в ряде публикаций происходит смешивание понятий, что существенно затрудняет анализ литературы и получение статистически достоверных данных по резидуальным и рекуррентным аневризмам.

### **1.2 Эпидемиология резидуальных и рекуррентных аневризм**

Одним из первых на проблему повторных кровоизлияний у пациентов, оперированных по поводу церебральных аневризм, обратил внимание McKissok W., который в 1965 году опубликовал сообщение о пациенте со смертельным

кровоизлиянием из аневризмы средней мозговой артерии (СМА) [5]. Особенностью случая было то, что пациент был оперирован по поводу вышеуказанной аневризмы с помощью клипирования за 11 лет до повторного кровоизлияния. Данные по поводу проведения контрольной ангиографии в работе не указаны. При аутопсии была выявлена многокамерная аневризма СМА с клипсой, располагающейся вблизи аневризмы.

Коновалов А.Н. в 1973 году в своей монографии «Хирургическое лечение артериальных аневризм головного мозга» [2] отмечает важность ранней послеоперационной ангиографии для оценки степени радикальности окклюзии аневризмы, а также исключения рисков кровоизлияния из оперированной аневризмы в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

Drake С. с соавт. в 1984 году одними из первых опубликовали большую серию «неудачных» микрохирургических операций по клипированию церебральных аневризм («failed aneurysm surgery»), состоящую из 115 случаев неполного выключения аневризм из кровотока [31]. Впервые анализированы возможные причины образования резидуальных и рекуррентных аневризм, а также показания к повторной операции.

Результаты шестилетнего исследования Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT, 2015 г) [101] показывают, что среди пациентов с ранее клипированными аневризмами головного мозга повторное вмешательство потребовалось у 4,6% пациентов, при этом все реоперации были проведены в течение первого полугодия после первичного вмешательства. В группе с эндоваскулярным лечением 16,4% пациентов подверглись повторному хирургическому вмешательству как минимум один раз. Также интересен тот факт, что полная окклюзия аневризмы спустя 6 лет наблюдалась в 96% наблюдений в микрохирургической группе и лишь в 48% - в эндоваскулярной группе (остаток шейки аневризмы считался за неполную окклюзию).

Некоторые проспективные исследования при анализе послеоперационного течения показывают, что риски повторного кровоизлияния выше в группе эндоваскулярного лечения, чем в группе микрохирургического лечения. Так, The

International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) [70–73] приводит следующие данные о повторном кровоизлиянии из ранее пролеченной аневризмы (2143 случаев) в течение первого года после операции: 2,4% в группе эндоваскулярной хирургии и 0,93% в группе микрохирургического лечения. По истечении первого года после операции годовой риск повторного кровоизлияния составил 0,21% в группе эндоваскулярного лечения и 0,03% в группе микрохирургии.

Схожие результаты были получены в другом масштабном исследовании с анализом повторных разрывов аневризмы – Cerebral Aneurysm Rerupture After Treatment (CARAT) [32, 50]. В выборке из 1001 пациента после хирургического лечения аневризмы риск повторного кровоизлияния в течение первого года после эндоваскулярного лечения и микрохирургии составлял 3,4% и 1,3% соответственно. После первого года годовой риск повторного разрыва составлял 0,11% в группе эндоваскулярного лечения и 0% в группе микрохирургии. Авторы также указывают, что риск разрыва аневризмы, которая была выключена на 70%, составлял 24,5% в течение первого года, что полностью соответствует риску повторного кровоизлияния у не пролеченных ранее аневризм [50].

Важно отметить, что оба вышеуказанных крупных исследования были проведены до общемирового внедрения эндоваскулярных ассистирующих методик (стент- и баллон- ассистенция) и потокоперенаправляющих стентов, которые в последующем в определенных случаях обеспечили более надежное выключение аневризмы из кровотока [114].

Эндоваскулярное лечение церебральных аневризм, в особенности, в остром периоде кровоизлияния, принципиально отличается от микрохирургического лечения своей намеренной «незавершенностью». В некоторых исследованиях показано, что выключение из кровотока мешка аневризмы, вне зависимости от степени полноты окклюзии шейки является достаточным, чтобы предотвратить риск повторного кровоизлияния у 98% пациентов, оперированных в остром периоде кровоизлияния [19].

Несмотря на современные обнадеживающие результаты первичной окклюзии аневризм при эндоваскулярном лечении, частота обнаружения

рекуррентной аневризмы в отдаленном периоде составляет около 24% при применении полимерных отделяемых спиралей [69, 105] и от 15,5% до 37,3% - при использовании гидрогелевых отделяемых спиралей [14, 77]. Применение методики стент-ассистенции позволило существенно уменьшить риск образования рекуррентных аневризм в послеоперационном периоде, но не смогло полностью решить данную проблему [1]. Zhang L. с соавт. в 2021 году показали анализ опубликованных отдаленных результатов использования как резаных лазером, так и плетеных ассистирующих стентов [114], при этом наблюдается положительная динамика в виде уменьшения количества не полностью исключенных аневризм в отдаленном послеоперационном периоде до 6,87% при использовании резанных лазером стентов и 5,52% при использовании плетеных стентов.

В 2008 году официальное разрешение на клиническое использование в Европе получил потокоперенаправляющий стент Pipeline Embolization Device (PED) [55]. Первичные результаты показали удовлетворительное исключение аневризмы из кровотока в 73,6% случаев, через год было отмечено увеличение радикальности до 86,8% [12]. В дальнейшем показано тотальное исключение аневризм при контрольном ангиографическом исследовании в 95% случаев, без выявленных случаев реканализации аневризм [59]. При этом Бобинов В.В. в диссертации 2022 года [1] указывает, что существуют определенные ограничения в применении потокоперенаправляющих стентов, такие как невозможность заведения и позиционирования стента в узком и извитом сосуде, низкая доступность использования методики при бифуркационной локализации аневризм, необходимость назначения двойной дезагрегантной терапии. Среди недостатков этой методики автор отмечает отсроченное исключение аневризмы из кровотока (и, вследствие, потенциальное повышение риска повторного кровоизлияния), отсутствие быстрой декомпрессии невральных структур в послеоперационном периоде с сохранением очаговой неврологической симптоматики при крупных и гигантских аневризмах [1]. В поисках оптимального устройства для радикального и безопасного эндоваскулярного исключения аневризмы также были созданы внутрианевризматические устройства, такие как Woven EndoBridge (WEB) в 2011

году [27] (долгосрочное радикальное выключение в 85% [11]) и LUNA в 2018 году (сохранение контрастирования аневризм в отдаленном периоде (36 месяцев) в 20% случаев [81]).

В современной литературе риски повторного кровоизлияния из аневризм, полное выключение которых было подтверждено при контрольной ангиографии, варьирует в диапазоне от 0 до 20% [15, 16, 22, 94]. Среднегодовой риск роста аневризмы, которая была достоверно полностью выключена из кровотока, был определен от 0,26 до 0,52% [22, 107].

### **1.3 Факторы риска образования резидуальных и рекуррентных аневризм**

В упомянутой выше работе Drake С. с соавт. основными причинами изначально неудавшегося микрохирургического клипирования аневризмы авторы назвали сложную морфологию аневризмы, отсутствие подходящих сосудистых клипс, недостаточную предоперационную визуализацию сложных аневризм, интраоперационный разрыв аневризмы [7]. Из причин не полностью выключенных аневризм выделены неправильное положение сосудистой клипсы и ее миграция. Авторы отмечают, что неправильное положение клипсы может быть обнаружено как во время операции, так и при послеоперационной контрольной цифровой субтракционной ангиографии (ЦСА) или повторном кровоизлиянии из остатка аневризмы.

Sindou M. с соавт. в 1998 году [99] проводит подробный анализ остатков церебральных аневризм после микрохирургических операций и предлагает классификацию, которая в дальнейшем станет одной из самых часто используемых в мировой практике. Авторы отмечают, что на вероятность образования резидуальной аневризмы влияют следующие факторы: гигантские размеры аневризмы, ее многокамерность, недостаточная визуализация шейки аневризмы (особенно при отсутствии передней клиноидэктомии у пациентов с аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии), широкая шейка аневризмы (в особенности в сочетании с такими факторами, как диспластичная сосудистая стенка, близкий контакт с перфорирующими сосудами и атеросклероз

сосудов). Факт интраоперационного разрыва и производитель сосудистых клипс отмечены как факторы, не влияющие на формирование резидуальной аневризмы [99].

Локализация аневризмы также является важным фактором, определяющим риск неполного выключения аневризмы, особенно в сочетании с используемым методом лечения. Аневризмы вертебробазилярного бассейна, в особенности аневризмы базилярной артерии, помимо менее «удобной» для микрохирургии локализации, часто отличаются широкой и объемной шейкой, что делает их трудными для микрохирургического клипирования [30, 50, 57]. В исследовании Drake С. в четырех случаях повторной операции на аневризме ее полного выключения так и не удалось достигнуть, при этом во всех четырех случаях аневризмы располагались в вертебробазилярном бассейне [31]. Крылов В.В. с соавт. [4] отмечают, что необходимость в повторном клипировании возникала достоверно чаще при использовании контрлатерального доступа при клипировании аневризмы, а также при ее расположении в бассейне передней мозговой и внутренней сонной артерии. Напротив, локализация аневризмы в бассейне средней мозговой артерии, по данным некоторых современных исследований [38, 76], достоверно связана с более низким риском ее неполного выключения при микрохирургическом клипировании.

В исследовании Raymond J. в 2003 г [84], где оценивалась крупная выборка эндоваскулярного лечения аневризм, достоверно влияющими на полноту выключения факторами названы лечение в остром периоде кровоизлияния, большой размер и широкая шейка аневризмы, а также длительный период послеоперационного наблюдения [84]. К аналогичным заключениям приходит Goertz L. С соавт. [38] и Han Y. С соавт. [41].

Goertz L. с соавт. [38] отмечают, что достоверно связанными с остатком аневризмы могут быть ее следующие особенности (в однофакторном анализе): соотношение размеров аневризмы и диаметра несущего сосуда более 1,3 (aspect ratio), угол наклона аневризмы к несущему сосуду (inclination angle) более 110°, неравномерная или неправильная форма аневризмы (irregular aneurysms). При этом,

в многофакторном анализе единственным независимым фактором риска остался статус разорвавшейся аневризмы на момент первичной операции [38]. Авторы предлагают балльную систему для оценки риска формирования остатка аневризмы: разрыв аневризмы (3 балла), соотношение размеров аневризмы к диаметру несущего сосуда более 1,3 (2 балла), локализация аневризмы в области передней соединительной или внутренней сонной артерии (1 балл), угол наклона аневризмы более  $110^\circ$  (1 балл) и неравномерная форма аневризмы (1 балл). Сумма баллов 4 и более предсказывает высокий риск формирования остатка аневризмы с чувствительностью 79% и специфичностью 56% [38].

Нап Н. с соавт. (2022 г) [40] среди факторов, достоверно влияющих на появление рекуррентной аневризмы после микрохирургического клипирования, приводят наличие множественных аневризм, артериальную гипертензию, курение и злоупотребление алкоголем. Артериальная гипертензия и курение – факторы, способствующие формированию атеросклеротической болезни сосудов [10], при этом атеросклеротические бляшки порой являются основной причиной невозможного полного клипирования аневризмы [16]. Курение также связано со снижением активности альфа 1-антитрипсина, что приводит к изменению сосудистой стенки и последующему появлению рекуррентных аневризм [35, 96]. Кроме того, Marbacher S. с соавт. [61] указывают гемодинамический стресс и воспалительные реакции у «подножия» клипсы как возможные причины формирования аневризмы рядом с ней, несмотря на полное выключение аневризмы из кровотока [9]. Некоторые исследователи предполагают, что определенную роль в послеоперационном «росте» гигантских тромбированных аневризм играют *vasa vasorum* [25, 46].

Стоит также упомянуть теорию Hampton T. о «муральной дестабилизации» после установки потокоперенаправляющего стента [39]. Автор считает, что в результате воспалительных изменений из-за формирующегося в раннем послеоперационном периоде тромба, который оказывает определенное давление на стенки аневризмы и ее пришеечную часть, активируются факторы воспаления, что, в свою очередь, снижает прочность стенок аневризмы [39]. Автор предполагает,



что вышеуказанная цепочка событий приводит к отсроченному разрыву аневризмы, если дестабилизация стенки происходит до рубцевания аневризмы, когда даже небольшие изменения внутрианевризматического давления потенциально могут привести к кровоизлиянию [39].

На данный момент применение потокоперенаправляющих стентов связывают с полным выключением аневризмы в 68-83% реопераций (в сравнении с 92,5% при первичной операции) [64, 78]. Также имеются наблюдения, указывающие на повышенный риск реканализации аневризмы при применении стент-ассистенции, если при первой операции были применены спирали [18].

Не менее интересным является исследование Paradopoulos с соавт. [80], в котором указывается, что множественные циклы открытия/закрытия сосудистой клипсы и ее удержание в открытой позиции существенно снижают силу сжатия клипсы. Так, если хирург удерживает клипсу в открытой позиции даже в течение 10 минут, сила сжатия клипсы снижается на 20-25%, при этом повторяющееся открытие и закрытие клипсы по «типу действия ножниц» снижает силу сжатия еще на 12% [80]. Во многих учреждениях сосудистые клипсы стерилизуются под высокими температурами множество раз перед их использованием у пациента, что так же снижает силу сжатия клипсы, и, вследствие этого, редко используемые клипсы более подвержены процессу ослабления [52, 80].

#### **1.4 Классификация резидуальных и рекуррентных аневризм**

Классифицирование резидуальных и рекуррентных аневризм является предметом для долгой дискуссии. На данный момент существует множество возможных классификаций таких аневризм [63]. Многие классификации делят их на полностью выключенные из кровотока, с наличием резидуальных (остаточных) частей и полностью кровоснабжаемые [24, 60, 89].

Наиболее известной из таких классификаций является классификация Raymond-Roy [90], которая была предложена для эндоваскулярной нейрохирургии (Таблица 1.1). Эта классификация часто адаптируется и для микрохирургического лечения аневризм, но наиболее распространенной для оценки радикальности

микрохирургических операций является классификация Sindou [49, 99], которая включает в себя пять степеней радикальности выключения аневризмы (Таблица 1.1). Недостатком данной классификации является определение кровоснабжаемых остатков в процентах от исходного размера аневризмы. Из классификаций, предложенных позднее, обращает на себя внимание исследование CARAT [32, 50], где также предлагается классификация в зависимости от процентного соотношения остаточной части аневризмы (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Наиболее известные классификации степеней радикальности выключения церебральных аневризм

Sindou, 1998 [99]	Raymond-Roy, 2001 [90]	CARAT, 2008 [32, 50]
1. Остаток шейки <50% от исходного размера; 2. Остаток шейки >50% от исходного размера; 3. Одна камера многокамерной аневризмы; 4. Остаток мешка аневризмы <75% от исходного размера; 5. Остаток мешка аневризмы >75% от исходного размера.	I. Полная окклюзия; II. Контрастирование шейки; III. Контрастирование мешка аневризмы.	1. Полная окклюзия (100%); 2. Небольшая остаточная шейка (91-99% от исходного размера аневризмы); 3. Остаточная шейка (70-90% от исходного размера аневризмы); 4. Остаточная аневризма (1-69% от исходного размера аневризмы); 5. Полное отсутствие выключения аневризмы (0%).

В мировой литературе до сих пор обсуждается вопрос об определении понятий тотального или радикального выключения. Многие авторы считают, что к минимальной резидуальной части следует относить контрастируемый при ангиографии участок аневризмы более 1 мм [6, 83, 106].

В 2020 году Пилипенко Ю.В. с соавт. [6] предложили следующую классификацию радикальности выключения аневризмы из кровотока:

R1 – тотальное выключение;

R2 – остаточная часть шейки;

R3 – полностью кровоснабжаемая шейка;

R4 – контрастирование любой части дна аневризмы или дополнительных камер;

R5 – полное контрастирование дна аневризмы.

Основной идеей вышеуказанной классификации является дифференциация остатка аневризмы в области шейки и в любой другой области. Это принципиальное деление обусловлено различиями микроструктуры стенки аневризмы в разных отделах. Так, согласно гистопатологическим исследованиям Stehbens W. [102], в шейке аневризмы сохраняется внутренняя эластическая мембрана, из-за чего она является более прочной. Авторы указывают, что спорным моментом остается вопрос о том, что, по данным ангиографии, считать шейкой и где начинается тело аневризмы [6]. Чаще всего исследователи условно относят к шейке проксимальную по отношению к сосуду часть аневризмы [22, 90].

Пилипенко Ю.В. [6] приводит в пример исследование CARAT [32, 50], в котором остатком шейки считается участок, соответствующий от 1 до 30% от исходного размера аневризмы. При таком подходе для средней по размеру аневризмы с общей высотой 14 мм высота шейки должна быть около 4 мм, а для крупной с общей высотой 24 мм – около 7 мм. Безусловно, такой размер достаточно велик, чтобы считать эту часть шейкой, особенно с учетом того, что чем больше размер аневризмы, тем меньше участок шейки с сохраненной внутренней эластической мембраной [102]. Исходя из вышесказанного, авторы приходят к заключению, что шейкой следует считать проксимальную по отношению к установленной клипсе часть аневризмы размером до 3 мм [6].

### **1.5 Диагностика резидуальных и рекуррентных аневризм**

В отличие от эндоваскулярных вмешательств, где первоначальная степень полноты выключения аневризмы в большинстве случаев может быть оценена на

момент окончания операции, интраоперационные методы контроля при микрохирургических операциях не являются исчерпывающими [6, 50]. Этот факт является главным ограничением многих, даже масштабных, исследований, в которых ученые стремятся оценить факторы риска формирования остаточной церебральной аневризмы и оптимизировать ее диагностику [50]. Например, вскрытие дна аневризмы после клипирования может не дать достоверную информацию о заполнении шейки или резидуальной камеры.

Потенциальное благоприятное влияние на степень полного выключения аневризмы может иметь интраоперационная ЦСА в случае использования гибридной операционной, а также применение интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии с помощью индоцианина зеленого [49, 54, 62, 112]. Однако, даже при использовании интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии, контрастный препарат в резидуальной части аневризмы может быть не виден из-за утолщенной атеросклеротически измененной структуры стенки или прилежащего сосуда [6, 87]. Тем не менее, Washington C. с соавт. в своей работе указывает, что «золотым стандартом» интраоперационной диагностики резидуальной аневризмы является комбинация интраоперационной ЦСА с флуоресцентной видеоангиографией [112].

Послеоперационная диагностика резидуальных аневризм представляет собой не самую простую задачу ввиду наличия артефактов от клипс, спиралей или стентов, установленных во время первичного оперативного вмешательства. Немаловажно, что расчет вероятности роста аневризмы зависит от применяемого диагностического метода. Основными методами нейровизуализации в диагностике аневризм являются ЦСА, спиральная компьютерная томографическая ангиография (СКТ-АГ) и магнитно-резонансная контрастная или бесконтрастная томографическая ангиография (МРА).

В течение длительного времени ЦСА оставалась единственным методом исследования сосудов головного мозга. ЦСА до сих пор часто упоминается как «золотой» стандарт диагностики аневризм головного мозга [97, 103, 110].

Из всех методов сосудистой нейровизуализации ЦСА является одним из

важнейших методов диагностики резидуальных и рекуррентных аневризм ввиду особенностей заполнения контрастом и субтракции [24, 91, 108]. Исходя из этого, она признана самым чувствительным методом, далее следуют СКТ-АГ и МРА [65, 88]. При анализе литературы отмечается, что во всех исследованиях резидуальных и рекуррентных аневризм использовались различные методы нейровизуализации в рамках каждого исследования, при этом иногда требовалось несколько методов нейровизуализации у одного пациента.

Послеоперационный контроль с помощью МРА в мировой практике чаще используется у пациентов, прошедших эндоваскулярное лечение аневризмы ввиду современных возможностей подавления артефактов от металла с помощью специальных режимов магнитно-резонансной томографии. Ikemura A. с соавт. в 2018 году провели сравнительный анализ МРА и ЦСА в диагностике резидуальных аневризм после эндоваскулярного лечения [47]. Авторы сообщают, что чувствительность, специфичность, положительные и отрицательные прогностические значения МРА в сравнении с ЦСА составляли 100%, 97%, 73% и 100% соответственно, что делает МРА достаточно достоверным инструментом скрининга остаточной части аневризмы у пациентов, прошедших эндоваскулярное лечение аневризм головного мозга. Однако, на данный момент даже самые современные методы МРА не способны подавить артефакты настолько, чтобы иметь возможность точно измерить размеры и анатомию резидуальной аневризмы [34].

Uricchio M. с соавт. в 2019 году провели мета-анализ [108], в котором были проанализированы 12 исследований, касающиеся послеоперационного контроля с помощью ЦСА и СКТ-АГ. Авторы заключают, что СКТ-АГ отличается меньшей чувствительностью и соотносимой специфичностью с ЦСА. Таким образом, визуальное отсутствие резидуальной части аневризмы на СКТ-АГ не исключает ее наличия в действительности. Авторы также отмечают, что СКТ-АГ имеет меньшую силу в диагностике маленьких аневризм (до 2-3 мм) и аневризм внутренней сонной артерии, чем ЦСА.

## **1.6 Мировой опыт хирургического лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм**

Drake С. с соавт. еще в 1984 году [31] описали сложность микрохирургического доступа к аневризме в случае реоперации из-за множественных спаек спустя несколько недель после первичной операции. Одна треть пациентов была повторно оперирована в течение трех недель после первичной операции, остальные пациенты – в сроки от 1 месяца до 13 лет. Авторы заключают, что, если интраоперационно имеются сомнения в надежности клипирования аневризмы, контрольную ангиографию следует проводить в кратчайшие сроки ввиду лучших результатов повторных операций в течение первых нескольких недель после первой операции [31].

Для аневризм с достоверно визуализированным остатком при послеоперационной ангиографии риск повторного кровоизлияния составляет от 7,1 до 8,3% с ежегодным риском разрыва около 1,9% [22, 107]. Однако, этот риск широко варьирует в зависимости от анатомических особенностей резидуальной аневризмы. Некоторые остатки аневризмы стабильны при контрольных ангиографических исследованиях в отдаленном периоде и не требуют повторных операций [15, 22, 33]. David С. с соавт. [22] называли такие резидуальные части шейки аневризмы «ухом собаки» (dog-ear), при этом резидуальная часть аневризмы с широким основанием обладает более высоким риском повторного кровоизлияния.

В мировой литературе также отмечен тот факт, что изначально одинаковый остаток аневризмы может увеличиваться с разной скоростью. Так, в некоторых исследованиях показано, что вероятность образования крупной рекуррентной аневризмы у молодых пациентов показана выше, чем у пациентов старшей группы [57, 75]. Безусловно, это так же связано с продолжительностью жизни и, как следствие, более долгим послеоперационным наблюдением, что делает пациентов молодой группы более убедительными кандидатами для реопераций даже при маленьком остатке аневризмы. В целом, среднестатистическая скорость роста резидуальной части, если отмечен ее рост, составляет около 0,3-0,4 мм в год [16].

Выбор метода вторичного хирургического вмешательства является спорным вопросом и зависит от многих факторов, в том числе и от принятых в учреждении локальных алгоритмов и возможностей лечения. В качестве показаний к вторичному эндоваскулярному лечению рассматривают случаи, когда есть возможность безопасно и плотно заполнить остаток аневризмы с помощью спиралей с или без использования ассистирующих стентов [79], а также при возможности безопасной установки потокоперенаправляющих стентов. Результаты исследования Tähtinen O. по применению спиралей со стент-ассистенцией в лечении остаточных аневризм показали, что методика имеет свои преимущества в случае аневризм с широкой шейкой, однако анализ отдаленных результатов лечения свидетельствует о сложности и нестабильности полного выключения аневризмы при ее размерах более 20 мм или при размере остатка более 10 мм [104]. Owen C. отмечает, что, в случае значительного роста изначально небольшого остатка аневризмы, клипирование является более предпочтительным и надежным из-за наличия патологической диспластичной сосудистой стенки [79]. Многие авторы отмечают, что заподозренная на диагностическом этапе экструзия спиралей также является показанием к микрохирургическому вмешательству [56, 79].

В крупном исследовании (97 случаев) Owen C. и Lawton M. 2015 г [79] в группе пациентов, первично пролеченных эндоваскулярным методом (44% наблюдений), средний интервал от первой операции до микрохирургического лечения остатка аневризмы составил 2 года, из них в 85% случаев остаток был обнаружен в результате контрольной ангиографии, в 7% – ввиду повторного субарахноидального кровоизлияния (САК) и в 7% – из-за появления новых неврологических симптомов или их прогрессирования вследствие масс-эффекта. Большинство пациентов этой группы (81%) были пролечены с помощью микрохирургического вмешательства, у 72% из них было возможно клипирование мягкой и податливой шейки аневризмы ввиду уплотнения комплекса спиралей. Спирали в области шейки наблюдались у 27% пациентов, при этом в 15% случаев удалось расположить сосудистую клипсу поверх спиралей, а в 12% потребовалось

удаление спиралей для улучшения условий клипирования. Реваскуляризация с помощью микрососудистого анастомоза потребовалась в 11% случаев, одна гигантская аневризма задней мозговой артерии была выключена с помощью треппинг-клипирования. Полное выключение аневризмы было достигнуто у 89% пациентов, остальным было произведено укутывание. Авторы отмечают, что соотношение ширины тела аневризмы со спиральями к высоте обнажившейся из-за уплотнения спиралей шейки меньше 2,5 коррелировало с хорошей возможностью клипирования аневризмы.

Микрохирургическое вмешательство на ранее окклюзированной спиральями аневризме имеет свои особенности. Иногда для освобождения шейки аневризмы или мобилизации аневризмы из спаек может потребоваться вскрытие дна аневризмы с удалением спиралей [56, 79]. Некоторые авторы указывают, что не следует удалять спирали из небольшого отверстия ввиду непредсказуемости последствий и плохой визуализации, а также важно помнить о том, что цель удаления спиралей должна заключаться только в улучшении условий клипирования, – удаление всех спиралей является небезопасным [79, 82]. В работе Pirayesh A. с соавт. для удаления спиралей у некоторых пациентов был использован ультразвуковой аспиратор [82]. Также авторы отмечают, что удаление спиралей у пациентов со сроком после первой операции более 1 месяца сопряжено с большими рисками из-за фиброзных изменений [82].

Во многих публикациях также сообщается об изменениях сосудистой стенки у окклюзированных спиральями аневризм – она описывается как истонченная (*paper-thin*) и деградированная, визуализируются также перифокальные воспалительные изменения и арахноидит в области аневризматического мешка [23, 53]. Кроме того, многие хирурги описывают явление экструзии спиралей, которая может быть заподозрена на ЦСА, но достоверно визуализируется только при микрохирургическом вмешательстве [109, 111, 115]. В исследовании Waldron J. экструзия спиралей наблюдалась в 55% пациентов, оперированных после первичной окклюзии аневризмы с помощью спиралей [111].

Экструзия спиралей на данный момент достоверно не была доказана



фактором, влияющим на повторный разрыв аневризмы. При этом, исследователи выделяют 4 возможных причины экструзии спиралей:

1. Ятрогенная экструзия спиралей во время первичной окклюзии аневризмы вследствие слишком плотной упаковки комплекса спиралей (редко);
2. Заполнение спиралью области псевдоаневризмы, которая образовалась при первичном разрыве аневризмы, затромбировалась и затем реканализировалась;
3. Чрезмерное уплотнение комплекса спиралей (с излишним давлением на дно аневризмы из-за высокого давления турбулентного тока крови);
4. Деградация и инволюция сосудистой стенки в области дна аневризматического мешка (часто) [111].

Хирургия ранее клипированных аневризм также имеет определенную специфику ввиду выраженного спаечного процесса, затрудняющего как доступ к аневризме, так и ее выделение [45]. Иногда необходимым этапом такого хирургического вмешательства является снятие «старой» клипсы с целью обеспечения адекватного доступа к шейке аневризмы и достаточного выделения окружающих структур [37, 48, 51]. Однако необходимо помнить, что удаление ранее установленной клипсы сопряжено с высокими рисками повреждения сосудистой стенки в случае длительного временного промежутка между операциями, поэтому оно должно проводиться только в необходимых случаях [13, 45, 93]. El Beltagy M. с соавт. доложили о трех случаях интраоперационного разрыва аневризмы с последующими тяжелыми неврологическими исходами после удаления «старой» клипсы [13].

Некоторые авторы указывают, что если клипса затрагивает шейку, то рекомендуется ее удаление перед установкой новой клипсы, при этом важно учитывать угол наложения новой клипсы, так как он широко варьирует в зависимости от локализации аневризмы [45]. Так, при клипировании аневризмы средней мозговой артерии доступный угол манипулирования достаточно велик, а при клипировании аневризм задней соединительной артерии или вертебробазиллярного бассейна этот угол значительно меньше [45].

Sakaki T. с соавт. отметили, что с целью «обхода» таких клипс в хирургии

резидуальных аневризм могут быть полезны фенестрированные (тоннельные) сосудистые клипсы [93].

В микрохирургии резидуальных и рекуррентных аневризм может потребоваться длительное временное клипирование приносящего сосуда, а иногда и временное треппинг-клипирование, поэтому в определенных случаях может быть использована реваскуляризация. В мировой литературе выделяют три основные причины применения реваскуляризации в хирургии резидуальных аневризм: сохранение кровотока по эфферентному сосуду, предотвращение риска ишемических осложнений из-за длительного временного клипирования афферентного сосуда, а также реконструкцию сосудов с целью адекватного клипирования аневризмы [45, 48, 79, 111].

Как и при микрохирургическом лечении сложных аневризм в целом, каждый этап такой операции должен быть заранее тщательно спланирован. Kivelev J. с соавт. выделяют пять этапов операции на резидуальной или рекуррентной аневризме: микрохирургическая диссекция по направлению к аневризме, создание микрососудистого анастомоза при необходимости, мобилизация «старой» клипсы, удаление спиралей и тромбов и, наконец, установка «новой» клипсы [53]. Крайней и нежелательной мерой остается «укутывание» аневризмы с помощью хирургической марли или мышцы [111].

Исходы повторного лечения церебральных аневризм, представленные в мировой литературе, варьируют, а иногда и противоречат друг другу. По данным ряда исследований, риск послеоперационного неврологического дефицита выше как в группе повторного микрохирургического лечения, так и в группе повторной эндоваскулярной окклюзии резидуальных и рекуррентных аневризм [21, 42, 85, 98]. Однако, в крупном исследовании CARAT и еще нескольких исследованиях было показано, что риск повторной операции полностью соответствует риску первичного вмешательства [21, 37, 50]. В группе повторной эндоваскулярной хирургии часто требуются множественные вмешательства на одной и той же аневризме: так, Slob M. с соавт. сообщают о том, что 19,6% окклюзированных ранее аневризм были оперированы два или более раз для достижения адекватной

окклюзии (вплоть до четырех операций) [100]. В исследовании Ringer A. этот процент составляет 13,2% [86]. Dorfer C. с соавт. отмечают, что в случае лечения рекуррентной аневризмы из-за уплотнения комплекса спиралей в 78,7% случаев было достаточно одной эндоваскулярной операции, при этом, если причиной рекуррентной аневризмы был задокументированный рост аневризмы, одной операции было достаточно лишь у 14,3% пациентов [29].

Несмотря на это, некоторые авторы указывают на то, что риск даже множественных эндоваскулярных операций остается ниже, чем риск микрохирургического вмешательства [21, 86]. Однако, в других исследованиях риск повторного эндоваскулярного лечения соотносим с риском повторного микрохирургического вмешательства [21, 29]. В исследовании Tähtinen O. использование стент-ассистенции характеризуется полным исключением рекуррентных аневризм в 59% случаев, с 11% риском осложнений [104]. Daou B. с соавт. указывают схожий риск осложнений при микрохирургическом клипировании резидуальных и рекуррентных аневризм, однако при более высоком проценте полного исключения аневризмы [21]. Dorfer C. с соавт. также показали, что риск осложнений повторного вмешательства на аневризме, вне зависимости от вида лечения, составляет около 11,9% [29]. В целом, в мировой литературе преобладает мнение, что микрохирургическое лечение резидуальных и рекуррентных аневризм является достоверно радикальнее.

Таким образом, анализ литературы по проблеме резидуальных и рекуррентных аневризм показал, что в настоящее время нет единого мнения по определению, классификации и лечению этой патологии. Выявление факторов риска формирования подобных аневризм требует дальнейшего анализа и исследований с большей выборкой пациентов. ЦСА остается основным методом диагностики резидуальных и рекуррентных аневризм ввиду особенностей заполнения контрастом и субтракции. Морфология аневризмы и наличие ранее установленных сосудистых клипс и спиралей усложняют выбор метода повторного вмешательства, что также требует дальнейших исследований для оптимизации тактики лечения.

## **Глава 2 Характеристика клинического материала и методы исследования**

В настоящее исследование были включены 80 пациентов, оперированных с 2009 по 2022 гг. на базе 3 нейрохирургического отделения (сосудистая нейрохирургия) НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.

Критериями включения в исследование являлись:

1. Наличие верифицированной аневризмы головного мозга;
2. Выполнение микрохирургического клипирования ранее оперированной аневризмы (как микрохирургическим, так и эндоваскулярным методом) на базе НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко;
3. Период проведения повторного лечения в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 2009 по 2022 гг.

Критериями невключения в исследование являлись:

1. Повторное эндоваскулярное вмешательство по поводу ранее оперированной аневризмы в качестве последнего метода ее лечения;
2. Повторное микрохирургическое вмешательство проведено без клипирования аневризмы (например, проведено только укрепление аневризмы).

### **2.1 Общая характеристика пациентов**

В исследуемую группу вошли 80 пациентов (52 мужчин и 28 женщин) в возрасте от 6 до 74 лет с резидуальными или рекуррентными аневризмами головного мозга. Средний возраст пациентов на момент повторной операции составил 47 лет (стандартное отклонение  $\pm 13$  лет), минимальный возраст составил 6 лет, максимальный – 74 лет. Среди трех пациентов детского возраста (6, 15 и 16 лет) каких-либо особенностей течения заболевания отмечено не было, поэтому они оценивались в общей группе. Из сопутствующих заболеваний у пациентов оценивался только параметр наличия гипертонической болезни.

Для оценки возможных факторов риска неполного выключения был проведен дополнительный анализ группы пациентов ( $n=1600$ ) с ранее проведенным

лечением аневризмы головного мозга в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко. Группа включала в себя пациентов, первично пролеченных как микрохирургическим, так и эндоваскулярным методом с 2015 по 2019 гг. Все пациенты из этого анализа были впервые оперированы по поводу исследуемой аневризмы. Легитимность выборки подтверждена статистическим анализом, оценка возможных факторов риска проводилась с помощью многомерного анализа.

## **2.2 Общая характеристика исследуемых аневризм**

Резидуальная или остаточная аневризма в нашей работе определялась как ранее пролеченная аневризма головного мозга (как эндоваскулярным, так и микрохирургическим способом) с неполным выключением аневризмы из кровотока или ее продолжающимся заполнением сразу после первичного оперативного вмешательства.

Рекуррентной или возвратной аневризмой мы считали ранее пролеченные аневризмы головного мозга (как эндоваскулярным, так и микрохирургическим способом) с визуализируемым неполным выключением аневризмы из кровотока или ее продолжающимся заполнением спустя 3 месяца после первичного оперативного вмешательства (при наличии верифицированного полного выключения в раннем послеоперационном периоде).

Множественные аневризмы наблюдались у 18 пациентов (22.5%). Размеры аневризм определялись согласно классификации G. M. Yasargil: маленькие аневризмы – 3-5 мм, средние аневризмы – 6-14 мм, крупные аневризмы 15-24 мм и гигантские аневризмы – 25 мм и более. В зависимости от морфологической формы аневризмы были разделены на мешотчатые (с четко сформированной шейкой, телом и дном), фузиформные (с диффузным расширением стенок сосуда) и эксцентрично-фузиформные (с эксцентричной частью тела аневризмы). Распределение аневризм в исследуемом материале по размерам и морфологической форме указано в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Распределение аневризм по размерам и морфологической форме

Параметр	Характеристика	Абсолютно (%)
Размер аневризм	Маленькая (3-5 мм)	10 (13,2%)
	Средняя (14 мм)	46 (60,5%)
	Крупная (15-24 мм)	16 (21,1%)
	Гигантская ( $\geq 25$ мм)	4 (5,3%)
Форма аневризм	Мешотчатая	61 (76,2%)
	Фузиформная	2 (2,5%)
	Эксцентрично-фузиформная	17 (21,2%)

По локализации наиболее часто встречаемыми являлись аневризмы передней соединительной артерии (ПСА) – 45% пациентов (Таблица 2.2).

Аневризмы левосторонней локализации наблюдались у 25% пациентов, правосторонней – у 27,5%, срединной локализации – у 47,5%.

Таблица 2.2 - Распределение аневризм по локализации

Локализация		Абсолютно (%)
ПСА		36 (45,0%)
СМА		24 (30,0%)
ВСА	Бифуркации	2 (2,5%)
	Супраклиноидная	9 (11,2%)
	Параклиноидная	1 (1,2%)
	Офтальмическая	0 (0%)
Перикаллезная артерия		3 (3,8%)
Задняя нижняя мозжечковая артерия		3 (3,8%)
Базиллярная артерия		2 (2,5%)

### 2.3 Общая характеристика оперативных вмешательств на аневризме

Первичная операция на аневризме в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проведена у 37 пациентов (46,2%), в других учреждениях были первично пролечены 43 пациента (53,8%).

Микрохирургический метод лечения аневризмы при первичной операции был использован в 49 случаях (61,3%), эндоваскулярный метод – в 31 (38,8%). Во всех случаях эндоваскулярного метода хирургического вмешательства были

использованы только спирали.

Межоперационный интервал определялся как интервал между первой операцией на аневризме и последней микрохирургической операцией на данной аневризме, проведенной в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко. Межоперационный интервал варьировал от 0 до 9090 суток (в среднем  $1207 \pm 1885$  суток с медианой 282 суток).

#### **2.4 Общая характеристика диагностики резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм**

Все пациенты перед госпитализацией в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проходили инструментальное обследование и имели верифицированный диагноз аневризмы головного мозга. Первичная диагностика резидуальной или рекуррентной аневризмы на догоспитальном этапе (или в процессе госпитализации в некоторых случаях) включала в себя ангиографическое исследование (СКТ-АГ, ЦСА или МРА).

Программная обработка ангиографических данных анализировались в DICOM-просмотрщике от компании «Инобитек», при этом просмотр ангиограмм осуществлялся в различных режимах с построением 3D-моделей.

Степень радикальности выключения аневризмы мы определяли с помощью ангиографической классификации, разработанной в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко [6]:

R1 – тотальное выключение;

R2 – субтотальное выключение (остаточная часть шейки);

R3 – частичное выключение (полностью кровоснабжаемая шейка высотой от 1 до 3 мм, без дивертикулов и дополнительных камер);

R4 – незначительное выключение (частичное контрастирование дна аневризмы, другой камеры аневризмы или дивертикула в области шейки);

R5 – отсутствие выключения (полное контрастирование дна аневризмы)  
(Рисунок 2.1)

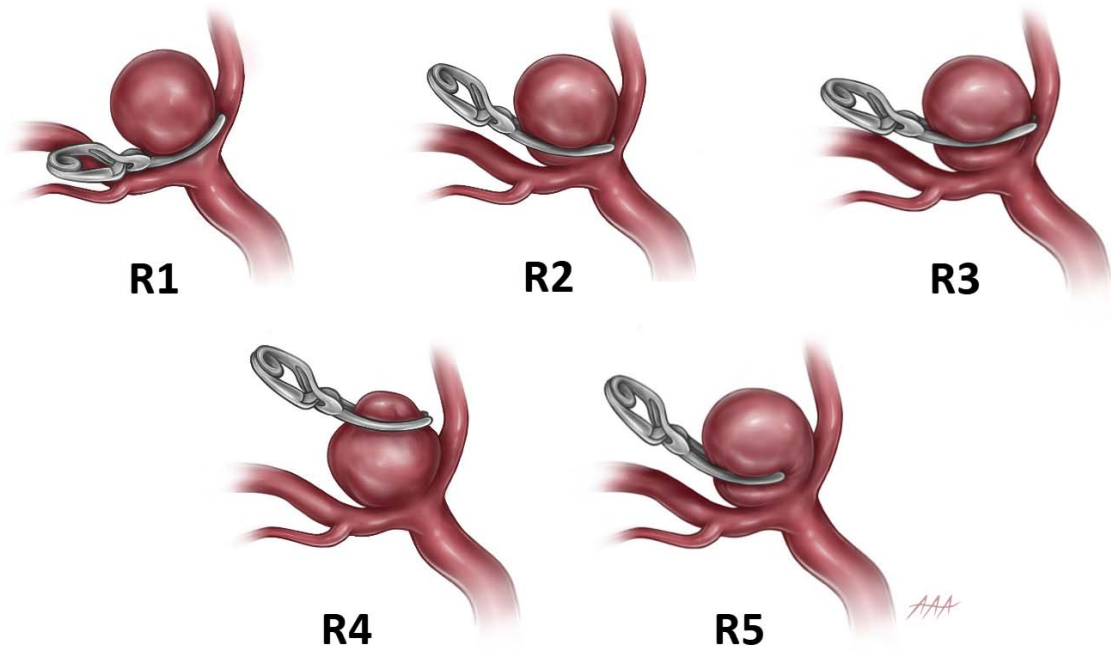


Рисунок 2.1 - Степени радикальности выключения мешотчатой аневризмы из кровотока

Степень полноты выключения фузиформных аневризм мы определяли так же с помощью созданной в отделении классификации [5]: FR1 – тотальное выключение аневризмы вместе с несущей артерией; FR2 – визуальное полное выключение аневризмы с сохранением несущей артерии (несущая артерия на уровне клипс не расширена или диаметр артерии на уровне расширения не превышает 1 мм по отношению к диаметру несущего сосуда); FR3 – частичное выключение аневризмы – сохраняется расширение артерии на уровне или рядом с аневризмой; FR4 – отсутствие выключения: полностью контрастируемая фузиформная аневризма (Рисунок 2.2).



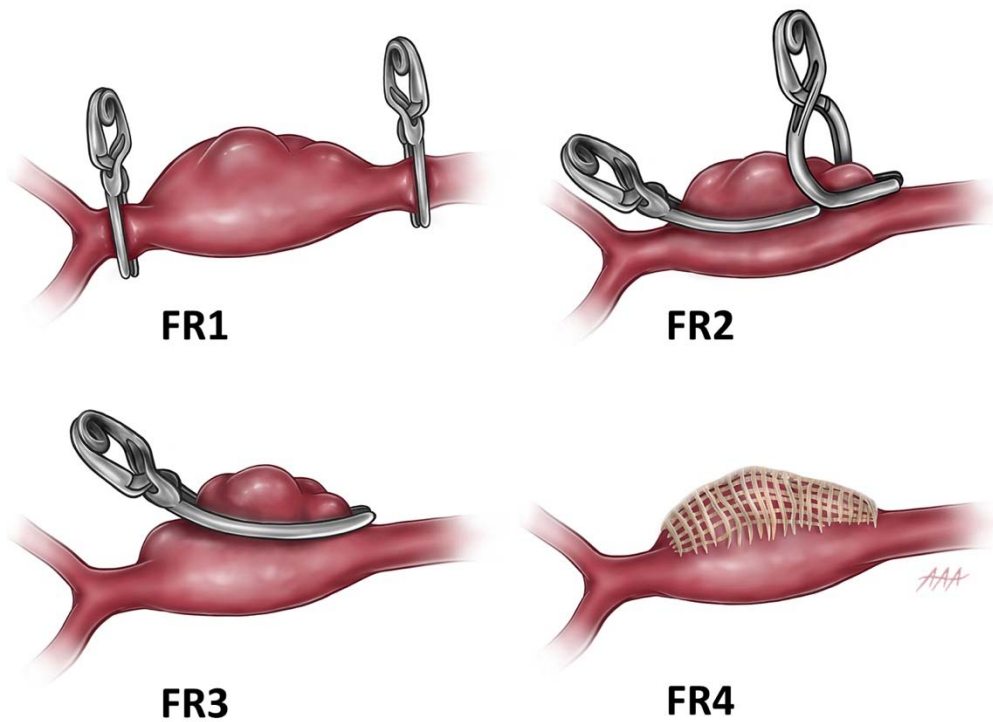


Рисунок 2.2 - Степени радикальности выключения фузиформной аневризмы из кровотока

## 2.5 Методы статистического анализа и обработки данных

Результаты исследования обрабатывались в формализованной базе данных на основе программного обеспечения RedCAP (Research Electronic Data Capture).

Статистический анализ данных проведен с помощью языка статистического программирования и среды R (версия 4.2.1) в IDE RStudio (версия 1.3.1093). Распределение непрерывных и дискретных количественных переменных в выборке представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ) для нормально распределенных случайных величин, медиана и квартили ( $Me [Q1; Q3]$ ) для величин, распределение которых отличается от нормального. Категориальные показатели представлены как абсолютное число и процентное соотношение ( $n (\%)$ ).

Соответствие выборки нормальному распределению определялось с помощью теста Шапиро-Уилка. Тестирование статистических гипотез о различии в распределении количественных переменных в независимых выборках проводили с помощью метода Манна-Уитни, для зависимых выборок использовался критерий Уилкоксона для парных сравнений. Задачи оценки статистической значимости

различий в распределениях категориальных переменных в независимых выборках решали с помощью критерия Хи-квадрат и точного теста Фишера, для зависимых выборок использовался критерий Мак-Немара. Для числовых показателей различия оценивали с помощью критерия Стьюдента (для нормально распределенных случайных величин) или критерия Манна-Уитни (при опровержении гипотезы о нормальном распределении).

Для оценки взаимосвязи между исходом (радикальность выключения аневризмы) и предикторами (факторы риска неполного выключения) проводили многомерный анализ с помощью бинарной логистической регрессии с 300-кратным ресэмплированием и размером обучающей выборки – 80% от исходной.

Результаты тестирования статистических гипотез признавались статистически значимыми на уровне значимости  $p < 0,05$ .

Статистический анализ проводился на базе лаборатории биомедицинской информатики и искусственного интеллекта НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.

### Глава 3 Особенности первичной операции. Факторы риска, влияющие на неполное выключение церебральных аневризм из кровотока

#### 3.1 Клинические проявления на момент первичной операции

При анализе причин первичного выявления исследуемых аневризм САК было отмечено у 63 пациентов (78,8%) (Таблица 3.1). У 6 пациентов на момент госпитализации кровоизлияние было повторным, при этом повторное кровоизлияние из аневризмы было достоверно ассоциировано с худшим прогнозом по модифицированной шкале Рэнкина ( $p=0,036$ ).

Таблица 3.1 - Распределение пациентов по наличию и повторности САК

Параметр		Абсолютно	Процентное соотношение
САК при первичной операции	Да	63	78,8%
	Нет	17	21,2%
Повторность САК на момент первичной операции	Единично	57	90,5%
	Повторно	6	9,5%

Операция выполнена в остром периоде кровоизлияния (менее 21 суток) у 43 пациентов: 26 в микрохирургической группе и 17 в эндоваскулярной группе. Распределение пациентов по характеристике кровоизлияния представлено в таблицах 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 - Распределение пациентов с кровоизлиянием по шкале Fisher на момент первичной операции

Степень по шкале Fisher	Абсолютно (%)
1	1 (2,0%)
2	8 (15,7%)
3	16 (31,3%)
4	26 (51,0%)

Таблица 3.3 - Распределение пациентов с кровоизлиянием по шкале Hunt-Hess на момент первичной операции

Степень по шкале Hunt-Hess	Абсолютно (%)
I	7 (14,0%)
II	16 (32,0%)
III	13 (26,0%)
IV	11 (22,0%)
V	3 (6,0%)

### 3.2 Выбор метода хирургического вмешательства

В анализируемом материале среди 80 пациентов микрохирургический метод вмешательства при первичной операции был использован в 49 случаях (61,3%), эндоваскулярный метод (только спирали) – в 31 случае (38,8%).

В российских клинических рекомендациях по лечению неразорвавшихся аневризм головного мозга указываются следующие критерии выбора метода лечения аневризмы головного мозга [3]:

1. Микрохирургическое лечение: пациенты в возрасте до 60 лет; аневризмы доступной локализации; псевдотуморозное течение аневризмы; частично тромбированные аневризмы; при необходимости выполнения комбинированных (микрохирургическое выключение аневризмы из кровотока и реваскуляризирующие вмешательства) операций.

2. Эндоваскулярное лечение: пациенты в возрасте старше 60 лет; локализация аневризм в вертебробазилярном бассейне, в области кавернозного отдела или офтальмического сегмента ВСА; наличие декомпенсированных соматических заболеваний.

Выбор первоначального метода лечения аневризмы — тема для долгой дискуссии и не входит в рамки нашего исследования. Несмотря на это, стоит отметить, что изначальный выбор метода лечения напрямую связан с риском неполного выключения аневризмы из кровотока. Так, микрохирургическое лечение аневризм труднодоступной локализации может быть не только более травматичным, но и менее радикальным для пациента. Напротив, эндоваскулярное лечение аневризмы в некоторых случаях намеренно предполагает ее нерадикальное выключение из кровотока (при остром периоде САК), а также является менее радикальным методом лечения церебральных аневризм в целом по данным мировой литературы.

В идеале оба метода лечения должны дополнять друг друга с целью достижения комбинации наибольшей безопасности и радикальности лечения аневризмы. Рассмотрим следующие клинические примеры, в которых, по нашему мнению, желаемая комбинация могла быть достигнута раньше:

### **Клиническое наблюдение №1**

Пациент Д., 28 лет, госпитализирован в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 07.07.2022 для микрохирургического лечения аневризмы ПСА. Из анамнеза: приступ сильной головной боли 03.08.2021, сопровождавшийся тошнотой и рвотой. Был госпитализирован по месту жительства, верифицировано САК. На СКТ-АГ и ЦСА была выявлена аневризма ПСА (Рисунки 3.1 и 3.2А), 04.08.2021 выполнена операция – частичная окклюзия аневризмы спиралями (Рисунок 3.2Б). 14.10.2021г. – повторная окклюзия аневризмы спиралями. При выполнении ЦСА 30.05.2022 визуализированы признаки частичного заполнения аневризмы ПСА в области шейки (Рисунок 3.2В).

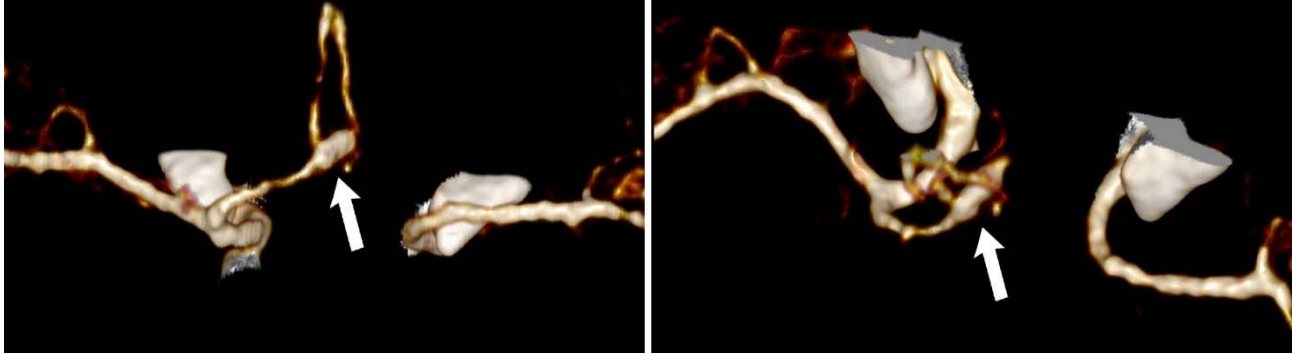


Рисунок 3.1 - Пациент Д., 28 лет. СКТ-АГ сосудов головного мозга до первичной операции. Визуализирована аневризма ПСА вытянутой формы с дивертикулом (белая стрелка)

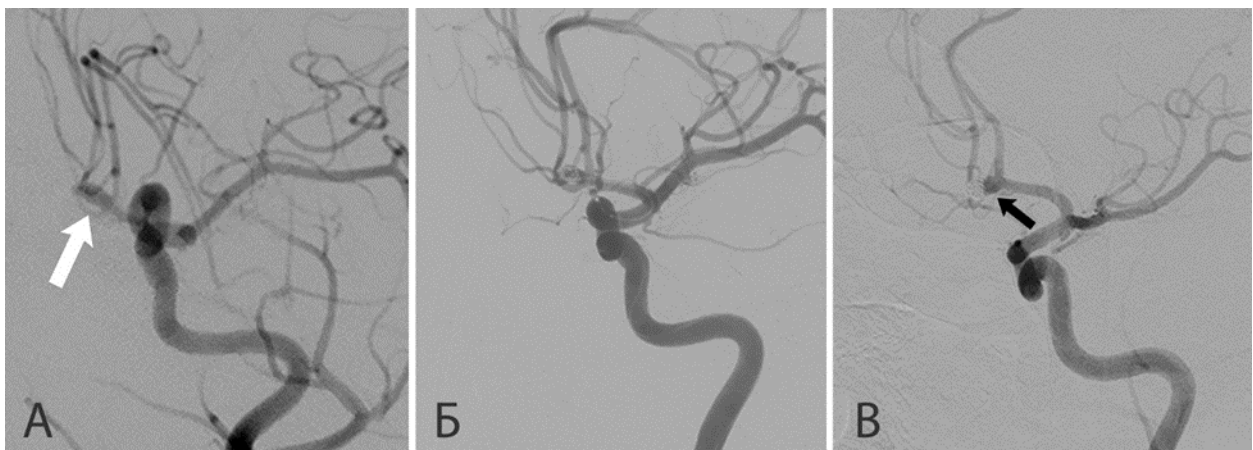


Рисунок 3.2 - Пациент Д., 28 лет. А — ЦСА до попытки окклюзии аневризмы (отмечена белой стрелкой); Б — ЦСА на момент первой «рыхлой» эндоваскулярной окклюзии аневризмы ПСА спиралями; В — ЦСА на момент второй окклюзии аневризмы (резидуальная часть указана черной стрелкой)

Учитывая риск повторного кровоизлияния из аневризмы, в нашем центре 08.07.2022 произведено микрохирургическое клипирование резидуальной аневризмы передней соединительной артерии. При выполнении контрольной СКТ-АГ сосудов головного мозга 12.07.2022 аневризма радикально выключена из кровотока, пациент выписан 13.07.2022 с неврологическим статусом на дооперационном уровне.

Передняя соединительная артерия является относительно доступной и благоприятной локализацией для микрохирургического лечения аневризмы [3]. При первичной операции была произведена «рыхлая» окклюзия аневризмы ввиду острого периода кровоизлияния, что является общепринятой тактикой эндоваскулярного лечения аневризм в остром периоде кровоизлияния. Однако, ввиду острого периода кровоизлияния и локализации аневризмы в области передней соединительной артерии, более предпочтительной тактикой в нашем учреждении и по данным российских клинических рекомендаций является микрохирургическое клипирование аневризмы. Пациенту было выполнено два эндоваскулярных вмешательства с нерадикальным выключением аневризмы, при этом риск повторного кровоизлияния из такой аневризмы сохранялся в течение этого времени.

Иногда подобные ситуации могут возникать и в обратную сторону, когда микрохирургическое лечение аневризмы являлось изначально тактически нереконструируемым методом лечения аневризмы. В таком случае попытка микрохирургического клипирования может завершиться как «укреплением» стенок аневризмы хирургической марлей, так и ее неполным выключением, что в некоторых ситуациях может быть даже более опасным, чем ее «укрепление» (например, категория радикальности выключения R5).

## **Клиническое наблюдение №2**

Пациентка М., 63 г., была оперирована 12.03.2023 по месту жительства по поводу аневризмы параклиноидного сегмента левой ВСА (Рисунок 3.3), при этом при микрохирургическом доступе к аневризме визуализации шейки аневризмы достигнуто не было, что можно было предвидеть по данным дооперационной СКТ-АГ. Аневризма была укреплена хирургической марлей, и пациентка перенаправлена в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с целью решения вопроса о повторном вмешательстве. Пациентка консультирована нейрохирургами эндоваскулярного отделения, запланировано эндоваскулярное хирургическое вмешательство с установкой потокоперенаправляющего стента на осень 2023 года.

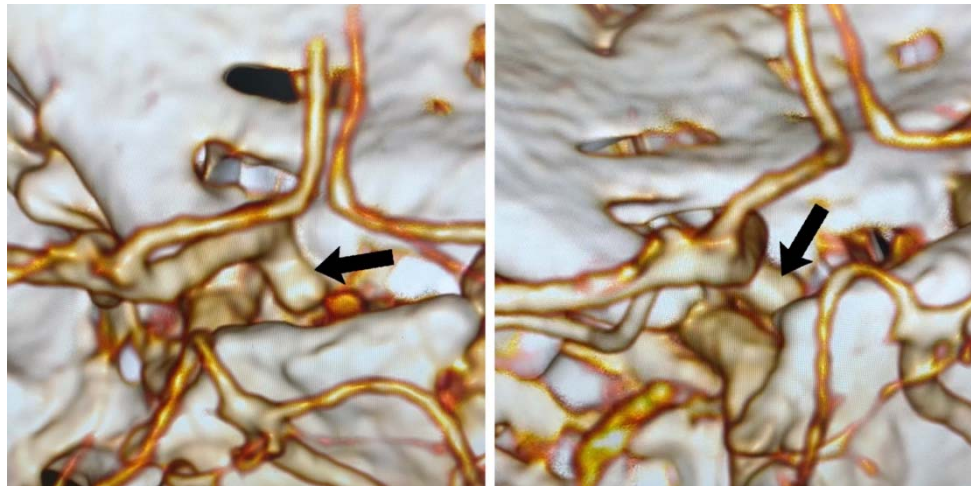


Рисунок 3.3 - Пациентка М., 63 г., СКТ-АГ до операции, визуализирована аневризма параклиноидного сегмента левой ВСА (черная стрелка)

### 3.3 Особенности предоперационного планирования микрохирургического вмешательства

Тщательное предоперационное планирование существенно снижает риски неполного выключения аневризмы из кровотока. Помимо выбора метода хирургического вмешательства, до операции необходимо четко визуализировать анатомию аневризмы, а также ясно представлять поэтапный план действий. Так, при частично тромбированной аневризме важно понимать распространенность ее тромбированной части, не говоря о том, что в практике нередко тромбированная часть аневризмы впервые визуализируется только интраоперационно ввиду недостаточной дооперационной диагностики (например, выполнение только ЦСА). То же касается распространенности атеросклероза (можно заранее визуализировать кальцинаты на СКТ-АГ), особенностей морфологии аневризмы (многокамерность, направление дивертикулов). В качестве первичной предоперационной сосудистой визуализации среди анализируемых пациентов СКТ-АГ была использована в 45,8% случаев, ЦСА в 41,7% случаев, МРА в 12,5% случаев.

Помимо четкой предоперационной визуализации аневризмы, в предоперационное планирование также входит определение тактики подхода к аневризме, в том числе латерализация трепанационного доступа. Контралатеральный доступ к аневризме (в особенности, при множественных аневризмах) может показаться крайне «соблазнительным» вариантом



одномоментного выключения из кровотока нескольких аневризм, несмотря на различную локализацию, однако такая тактика может привести к нежелательным последствиям в виде резидуальной аневризмы, которую можно было избежать. Рассмотрим применение контралатерального доступа к аневризме на следующих двух клинических примерах.

### **Клиническое наблюдение №3**

Пациент Г., 28 лет, госпитализирован в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 09.08.2019 для микрохирургического лечения аневризмы головного мозга. Пациент в 2018 году перенес тяжелое САК из аневризмы бифуркации левой СМА, оперирован по месту жительства с целью удаления внутримозговой гематомы и проведения декомпрессионной трепанации черепа, в последующем проведена краниопластика костного дефекта. Попыток клипирования аневризмы левой СМА не было. По данным СКТ-АГ сосудов головного мозга выявлены множественные аневризмы: гигантская частично тромбированная аневризма левой СМА и маленькая мешотчатая аневризма супраклиноидного сегмента правой ВСА (Рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 - Пациент Г., 28 лет. СКТ-АГ до первой попытки микрохирургического лечения: множественные аневризмы – гигантская частично тромбированная аневризма левой СМА (источник кровоизлияния) и маленькая мешотчатая аневризма супраклиноидного сегмента правой ВСА (указана белой стрелкой)

13.08.2019 проведена операция «Микрохирургическое клипирование шейки гигантской частично тромбированной аневризмы бифуркации левой СМА с применением интраоперационной контактной доплерографии, контралатеральное клипирование шейки маленькой аневризмы супраклиноидного отдела правой ВСА, краниопластика в левой лобно-височной области». 14.08.2019 проведена контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга, где была заподозрена небольшая резидуальная часть контралатерально клипированной маленькой аневризмы правой ВСА, при этом клипированная гигантская частично тромбированная аневризма левой СМА выключена из кровотока полностью. 19.08.2019 проведена контрольная ЦСА, по данным которой подтверждено наличие резидуальной части аневризмы правой ВСА (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Пациент Г., 28 лет. Контрольная ЦСА с 3D-реконструкцией на 6 сутки после операции клипирования аневризмы правой ВСА. Визуализируется резидуальная часть аневризмы под установленной сосудистой клипсой (показана стрелкой)

Учитывая заполнение контрастом не только шейки аневризмы правой ВСА, но также и части дна аневризмы (класс радикальности R4 по принятой в отделении классификации), а также ранний послеоперационный период, что снижало вероятность выраженного спаечного процесса, риски роста аневризмы и возможного кровоизлияния из данной аневризмы расценены как высокие в соотношении к рискам повторного оперативного вмешательства, в связи с чем было принято решение о выполнении операции клипирования резидуальной части

аневризмы с ипсилатеральной стороны.

20.08.2019 в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проведено повторное микрохирургическое вмешательство на резидуальной аневризме супраклиноидного сегмента правой ВСА с ипсилатеральной стороны. Послеоперационный период протекал удовлетворительно. На выполненной 21.08.2019 контрольной СКТ-АГ сосудов головного мозга обе аневризмы полностью выключены из кровотока (Рисунок 3.6). На момент выписки состояние пациента оценено как удовлетворительное, неврологической очаговой симптоматики не определялось.

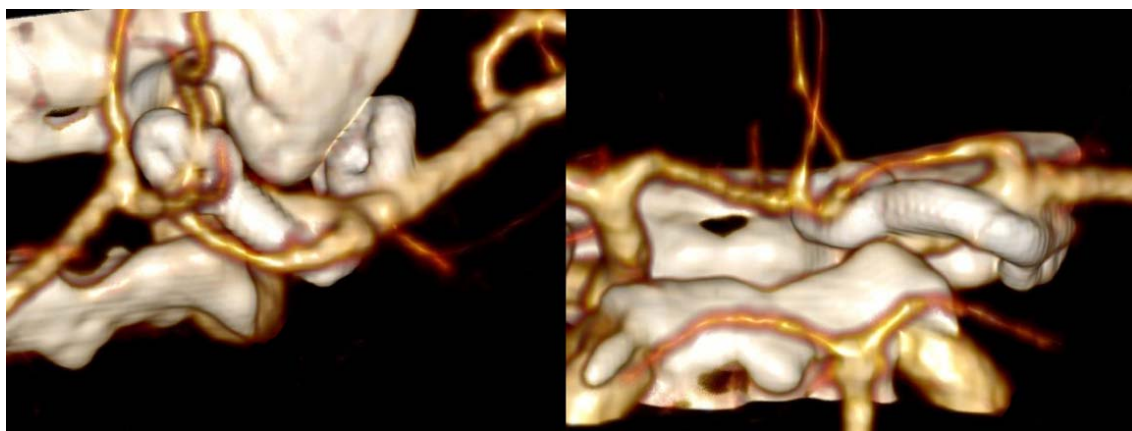


Рисунок 3.6 - Пациент Г., 28 лет. Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга на 1е сутки после микрохирургической операции клипирования резидуальной части аневризмы правой ВСА показывает полное выключение аневризмы (вид сверху и сзади)

В этом клиническом случае контралатеральный доступ был применен по отношению к аневризме супраклиноидного сегмента ВСА, что изначально ввиду особенностей направления тела аневризмы предрасполагает к высокой вероятности ее неполного выключения из кровотока [7]. Контралатеральный доступ может быть рассмотрен для применения при билатеральных параклиноидных аневризмах, смещающих зрительный нерв латерально (т.е. медиальное расположение аневризмы), а также при аневризмах бифуркации СМА с коротким М1 сегментом и куполом, направленным вперед и вверх.

Нередко контралатеральный доступ применяется при наличии множественных аневризм в остром периоде кровоизлияния из одной из аневризм.

#### Клиническое наблюдение №4

Пациент П., 61 год, госпитализирован в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 26.02.2019 для микрохирургического лечения аневризмы правой СМА. Из анамнеза: 12.02.2019 пациент внезапно почувствовал сильную головную боль, к врачам не обращался. Головная боль беспокоила в течение последующих двух недель. 24.02.2019 внезапно потерял сознание, после чего также стала беспокоить головная боль и отмечалось повышение систолического артериального давления до 160 мм рт. ст. При СКТ и МРА головного мозга выявлены признаки САК и множественные мешотчатые аневризмы: бифуркации правой СМА (источник кровоизлияния) и бифуркации левой СМА (Рисунок 3.7).

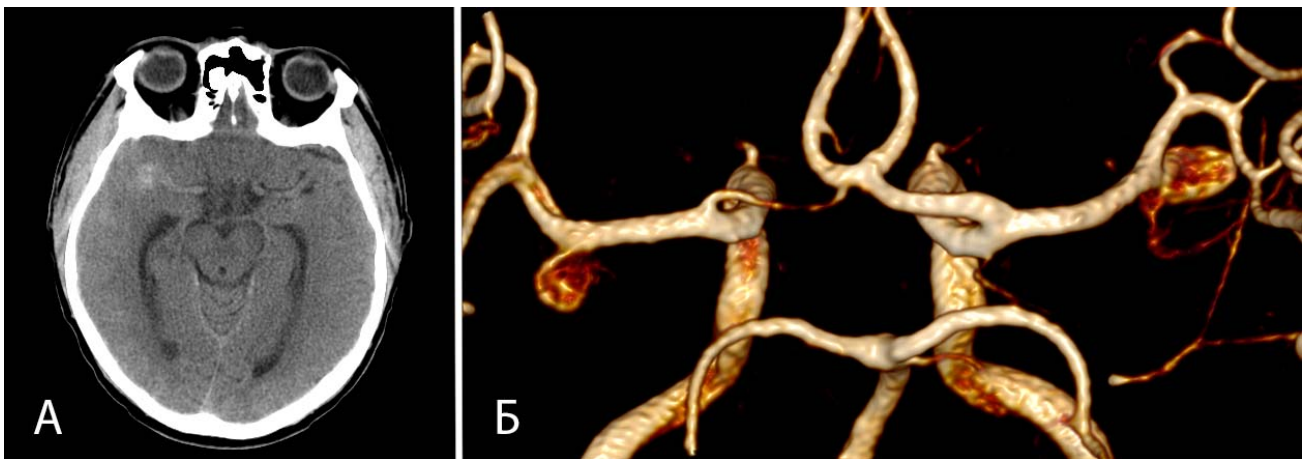


Рисунок 3.7 - Пациент П., 61 год. А – СКТ головы с признаками САК в области правой сильвиевой щели; Б – МРА головного мозга с визуализацией зеркальных аневризм бифуркации СМА (вид сзади)

28.02.2019 в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проведена операция: микрохирургическое клипирование аневризмы бифуркации правой СМА и аневризмы бифуркации левой СМА из правостороннего птерионального доступа (контралатерально). Послеоперационный период протекал с признаками менингита, которые регрессировали после проведения антибиотикотерапии. На контрольной СКТ-АГ головного мозга от 06.03.2019 аневризма бифуркации правой СМА выключена тотально, в области левой СМА отмечается кровоснабжаемая часть аневризмы категории R5 (Рисунок 3.8).

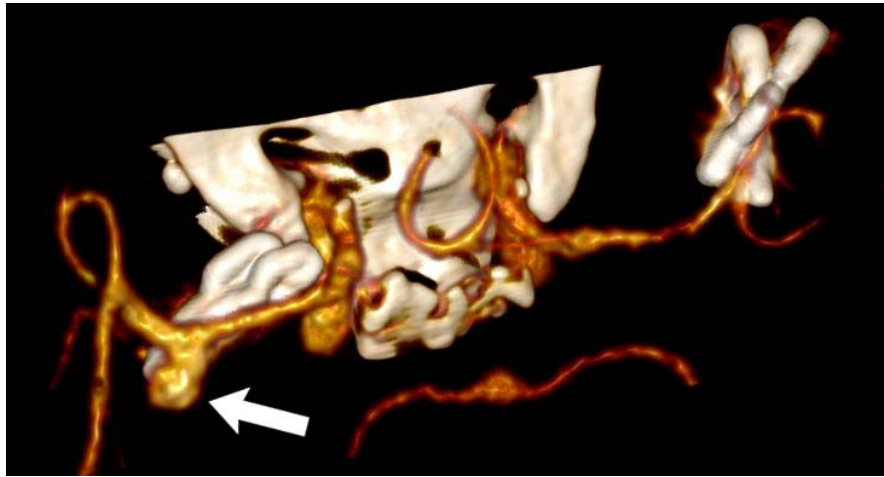


Рисунок 3.8 - Пациент П., 61 год. Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга от 06.03.2019: аневризма правой СМА выключена полностью, в области левой СМА отмечается не выключенная из кровотока аневризма (отмечена стрелкой)

Ввиду инфекционного осложнения в раннем послеоперационном периоде, было принято решение о временном переносе повторного оперативного вмешательства. 03.06.2019 пациент госпитализирован для клипирования остаточной аневризмы левой СМА. 04.06.2019 проведена операция ипсилатерального микрохирургического клипирования резидуальной аневризмы. Во время препарирования области бифуркации левой СМА подтверждено полное заполнение полости аневризмы (класс радикальности R5) (Рисунок 3.9).

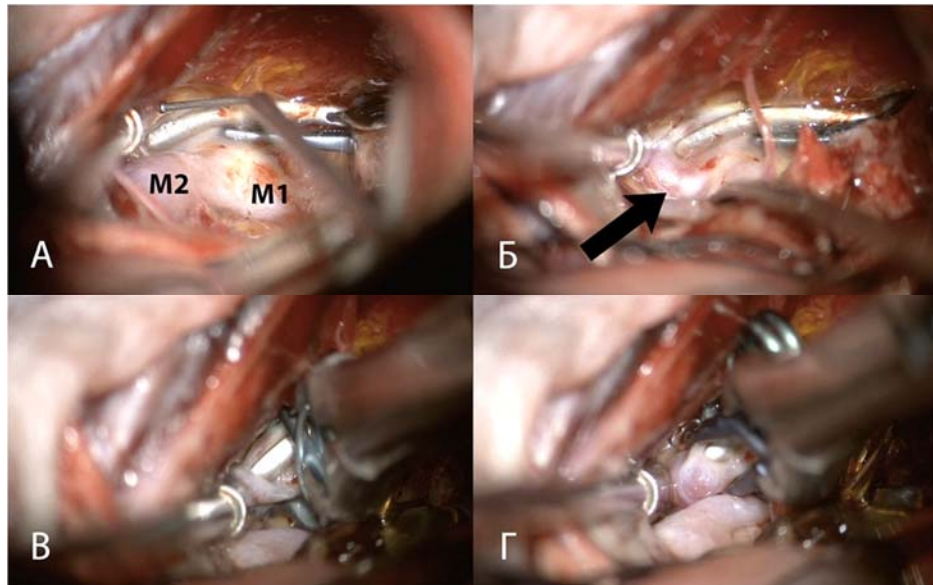


Рисунок 3.9 - Пациент П., 61 год. Интраоперационные фото: А – подход к бифуркации левой СМА, отмечены М1 и М2 сегменты левой СМА; Б – визуализация резидуальной аневризмы с классом радикальности R5; В и Г – последовательная установка фенестрированной и прямой сосудистых клипс на аневризматический мешок, «старые» клипсы оставлены на месте

Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга выполнена 05.06.2019 – обе зеркальные аневризмы СМА выключены радикально (Рисунок 3.10). Послеоперационный период протекал без осложнений, пациент выписан 11.06.2019 в удовлетворительном состоянии.

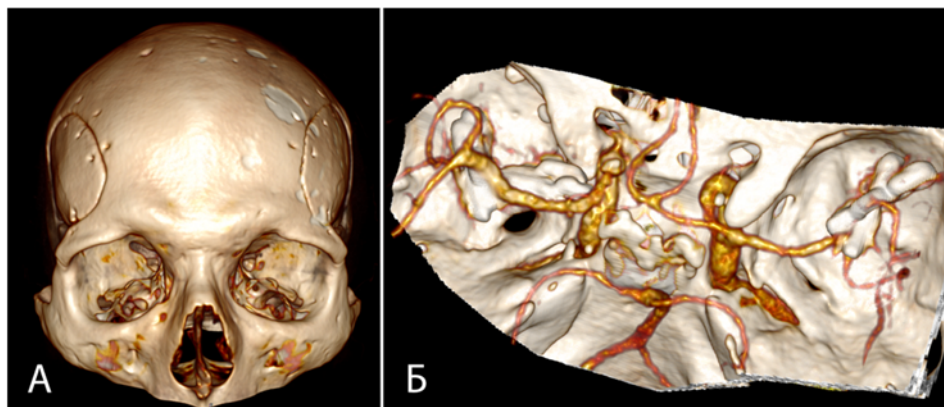


Рисунок 3.10 - Пациент П., 61 год. Контрольная СКТ-АГ от 05.06.2019: А – зеркальные трепанационные окна; Б – подтверждение полного выключения обеих аневризм СМА

В этом клиническом примере контралатеральный доступ был применен ввиду острого периода кровоизлияния из другой аневризмы с целью возможности использования в послеоперационном периоде агрессивных методов контроля

артериального давления и внутричерепного давления без риска разрыва второй аневризмы. Такое применение контралатерального доступа может быть оправданным, так же, как и у соматически отягощенных пациентов (например, пациенты с иммунодефицитом). Однако, несмотря на локализацию аневризмы на бифуркации средней мозговой артерии, длинный М1 сегмент не позволял интраоперационно адекватно оценить степень выключения аневризмы, что привело к наличию резидуальной аневризмы. Такие параметры, как длина М1 сегмента и направление тела аневризмы, должны быть оценены на дооперационном уровне.

Таким образом, применение контралатерального доступа связано с необходимостью тщательного отбора пациентов, так как выключение всех имеющихся у пациента аневризм из одного доступа не должно быть главной целью операции.

### **3.4 Интраоперационные осложнения**

Каждое хирургическое вмешательство может протекать как в «штатном» режиме (без осложнений), так и с возникновением «внештатных» ситуаций. Интраоперационный разрыв является одним из осложнений, потенциально влияющих на полноту выключения аневризмы из кровотока. Интраоперационный разрыв (без оценки степени выраженности кровотечения) был зафиксирован в протоколах первичной операции у 7 пациентов, однако анализ этого параметра имел множество ограничений ввиду отсутствия протоколов первичной операции у пациентов из других учреждений, а также ввиду отсутствия первичного интраоперационного видео у большинства пациентов.

Те же ограничения касались анализа таких особенностей первичной операции, как профилактика разрыва аневризмы с помощью ее укрепления (окутывание хирургической марли (3 пациента), окутывание + клей (4 пациента)).

При этом, несмотря на небольшое количество пациентов с зафиксированным интраоперационным разрывом, при анализе течения заболевания была выявлена прямая ассоциация факта интраоперационного разрыва при первичной операции с

проявлением резидуальной аневризмы в виде САК ( $p=0,036$ ).

Интенсивное кровотечение ввиду интраоперационного разрыва может значительно снижать качество визуализации шейки и тела аневризмы, в связи с чем возможно не только неполное выключение аневризмы из кровотока, но и смыкание бранш клипсы на важных анатомических структурах (прилежащие к аневризме артерии, вены и нервы). Остановка кровотечения сразу после клипирования может быть ошибочно интерпретирована хирургом как полное выключение аневризмы. Кроме того, форма разрыва тела аневризмы с переходом на ее пришеечную часть может существенно ограничить возможность полноценного выключения аневризмы из кровотока.

Рассмотрим клинический пример с интраоперационным разрывом на первичной операции, при этом стоит обратить внимание на особенности дальнейшего течения заболевания у пациента.

#### **Клиническое наблюдение №5**

Пациент С., 46 лет, поступил в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 24.02.2019 с целью микрохирургического лечения церебральной аневризмы. Из анамнеза: пациент перенес САК от 24.01.2019 (эпизод резкой головной боли, потери сознания). Острый период осложнился ишемическими нарушениями в области головки хвостатого ядра, наблюдался парез в правой ноге. Клиническое состояние соответствовало Hunt-Hess IV стадии. 14.02.2019 выполнена СКТ-АГ сосудов головного мозга, где визуализирована аневризма супраклиноидного сегмента правой ВСА (Рисунок 3.11). На фоне консервативного лечения состояние пациента протекало с положительной динамикой. Учитывая риски повторного кровоизлияния, была запланирована операция клипирования аневризмы правой ВСА.



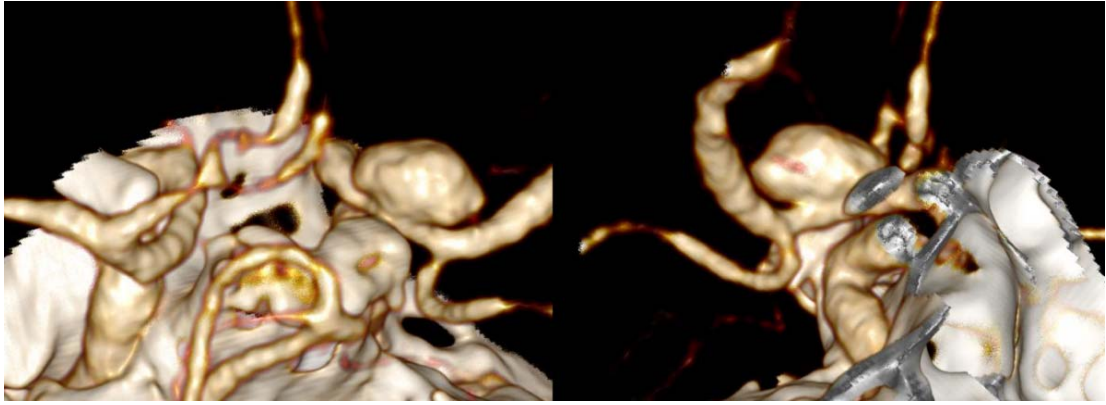


Рисунок 3.11 - Пациент С., 46 лет. СКТ-АГ сосудов головного мозга от 14.02.2019: аневризма супраклиноидного сегмента правой ВСА с широкой шейкой (вид сзади и сбоку)

26.02.2019 пациенту была проведена операция микрохирургического клипирования аневризмы супраклиноидного отдела правой ВСА. В процессе операции отмечался выраженный постгеморрагический спаечный процесс, и при выделении проксимальных отделов супраклиноидного отдела правой ВСА (в промежутке между зрительным нервом и передним наклоненным отростком) произошел разрыв аневризмы в проксимальной части шейки аневризмы с развитием достаточно интенсивного кровотечения. В условиях временного клипирования проксимальных отделов правой ВСА и ЗСА произведено несколько попыток клипировать шейку аневризмы. Темп кровотечения снизился, но полностью не прекратился. В этих условиях было выполнено окончательное выделение дистального края шейки аневризмы и наложение дополнительной временной клипсы на А1 сегмент правой передней мозговой артерии (ПМА). Осуществлено выключение шейки аневризмы двумя титановыми клипсами. Кровотечение было остановлено. Визуально аневризма радикально выключена из кровотока и кровотоков по магистральным артериям был восстановлен.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей. 11.03.2019 выполнена контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга, при этом на исследовании заподозрена резидуальная аневризма, которая была подтверждена с помощью ЦСА на следующий день (Рисунок 3.12). Пациент консультирован нейрохирургами эндоваскулярного отделения, было принято решение об установке

потокоперенаправляющего стента в плановом порядке через 2 месяца. Пациент выписан на амбулаторное наблюдение.

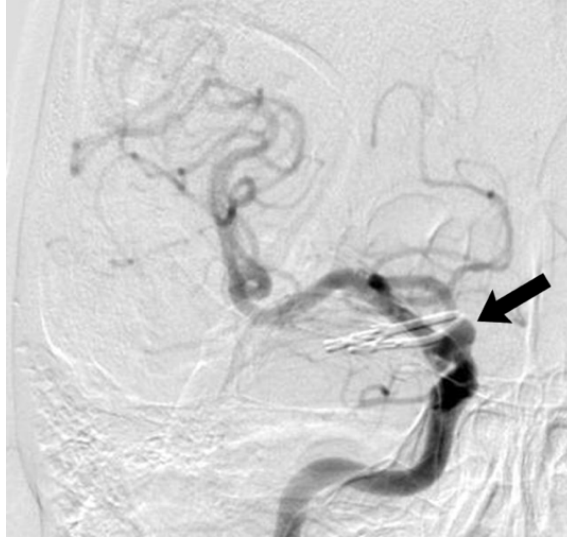


Рисунок 3.12 - Пациент С., 46 лет. Верификация заподозренной аневризмы на ЦСА от 12.03.2019 (черная стрелка)

12.04.2019 произошло ухудшение состояния в виде появления сильной головной боли. Пациент госпитализирован в стационар города Брянск, где при СКТ головы выявлено повторное САК с прорывом крови в желудочковую систему (Рисунок 3.13, А). Состояние пациента компенсированное, Hunt Hess II стадии. Учитывая состояние пациента и высокие риски повторного кровоизлияния, пациент госпитализирован в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 16.04.2019 с целью повторного микрохирургического лечения с клипированием резидуальной аневризмы.

Интраоперационно из рубцов были выделены обе клипсы, установленные во время первой операции, и над передним наклоненным отростком в проекции зрительного нерва выявлено тело частично тромбированной аневризмы средних размеров со следами перенесенного кровоизлияния, при этом клипсы соприкасались только с верхней стенкой данной аневризмы. При выделении из спаек тела аневризмы из ее стенок началось кровотечение (на фоне временного клипирования ВСА на шее и супраклиноидного отдела ВСА темп кровотечения был невысокий). Старые клипсы были удалены, и полностью освобождена область шейки аневризмы: она находилась на верхней стенке ВСА и переходила на

медиальную стенку ВСА. Произведены попытки клипировать шейку аневризмы, но кровотечение не прекращалось ввиду наличия внутриполостных тромбов, которые не давали полностью смыкаться браншам клипс. Тело аневризмы вскрыто, тромбы из ее полости, в том числе, прилежащие к шейке, были удалены. На шейку аневризмы наложены две прямые клипсы, кровотечение остановлено. После реперфузии дополнительно выключены два отдельных выпячивания верхней стенки ВСА двумя изогнутыми по плоскости клипсами. На контрольной ЦСА от 23.04.2019 оперированная аневризма полностью выключена из кровотока. Ввиду сложившейся динамики заболевания, пациенту была рекомендована контрольная ангиография через 3 месяца. На контрольной ЦСА от 19.08.2019 аневризма не визуализируется (Рисунок 3.13, Б).

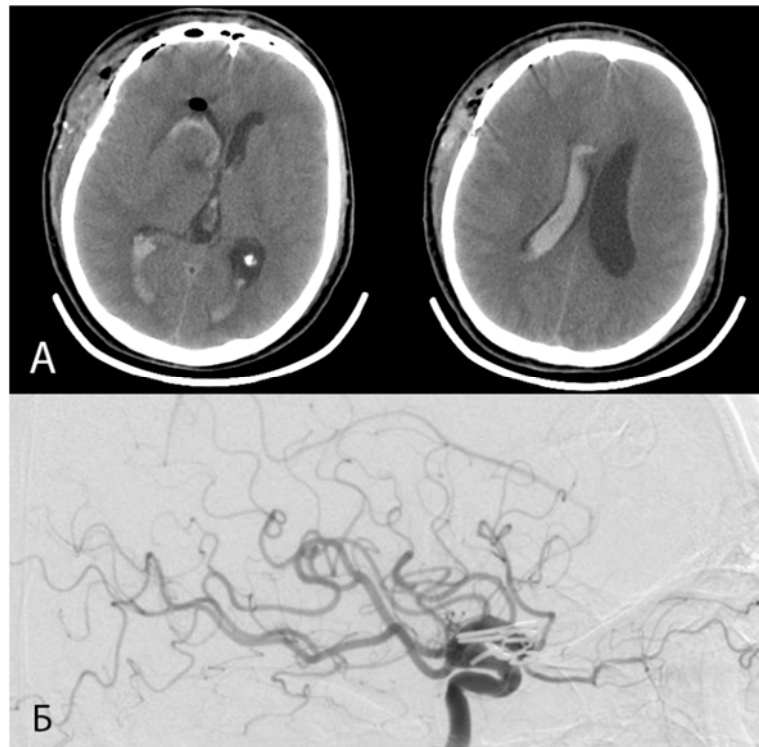


Рисунок 3.13 - Пациент С., 46 лет. А – СКТ головы от 12.04.2019 с верификацией САК с прорывом в желудочковую систему; Б – результаты контрольной ЦСА

### **3.5 Методы интраоперационного контроля радикальности выключения аневризмы из кровотока**

В отличие от эндоваскулярных вмешательств, где степень радикальности выключения из кровотока в большинстве случаев оценивается на момент

окончания операции, интраоперационные методы контроля при микрохирургических операциях не являются исчерпывающими. Основными интраоперационными методами контроля при микрохирургии считаются пункция или вскрытие просвета аневризмы и флуоресцентная видеоангиография с применением индоцианина зеленого.

Пункция или вскрытие просвета аневризмы после клипирования позволяет хирургу интраоперационно оценить полноту пережатия шейки аневризмы, кроме того, релаксированная аневризма позволяет лучше визуализировать и препарировать потенциально важные прилежащие к аневризме структуры, которые могли попасть в бранши клипсы. Несмотря на это, пункция и релаксация аневризмы без признаков кровотечения не является доказательством тотального выключения аневризмы из кровотока – другие камеры аневризмы или часть ее шейки могут продолжать заполняться (Рисунок 3.14). При анализе протоколов первичных операций в некоторых случаях, несмотря на вскрытие аневризмы и отсутствие кровотечения из аневризмы, на послеоперационной контрольной ангиографии в раннем послеоперационном периоде визуализировалась резидуальная часть аневризмы.



Рисунок 3.14 - Вскрытие полости аневризмы после ее клипирования. Несмотря на визуальную релаксацию мешка аневризмы без признаков кровотечения (отмечена фиолетовым цветом), под браншами клипсы остается резидуальная часть аневризмы (отмечена бирюзовым цветом)

Интраоперационная флуоресцентная видеоангиография с применением индоцианина зеленого имеет несколько неоспоримых преимуществ – быстрая одномоментная визуализация кровотока или его отсутствия в интересующей зоне, а также возможность визуализации кровотока в мелких артериях, не доступных контактной ультразвуковой доплерографии (Рисунок 3.15). Однако, интересующая зона может быть скрыта сосудистой клипсой, мозговым веществом или может искажаться из-за тромбов, плотных спаек, атеросклеротических бляшек и кальцинатов, что в ряде случаев снижает диагностическую ценность этого метода и приводит к ложноотрицательному результату.

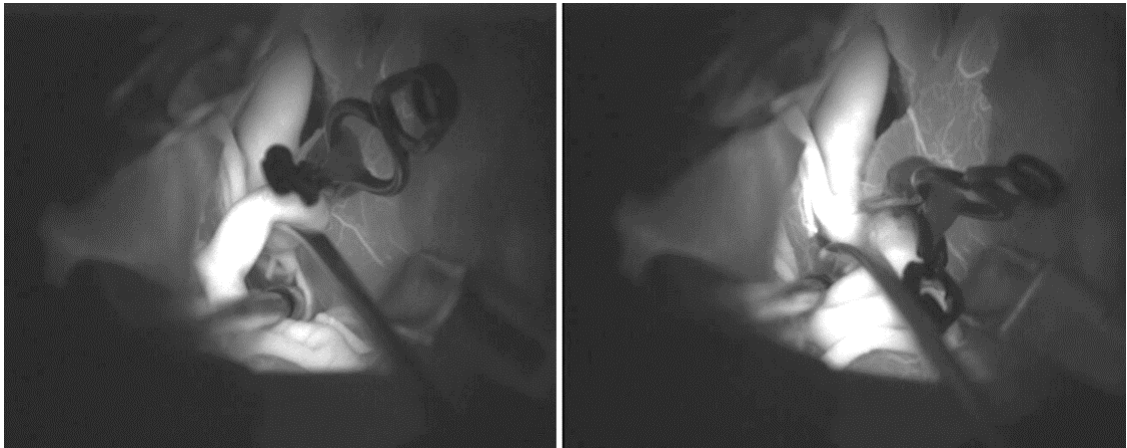


Рисунок 3.15 - Интраоперационная флуоресцентная видеоангиография с применением индоцианина зеленого

### **3.6 Выявленные факторы риска неполного выключения аневризмы по данным проведенного статистического анализа**

Нами был проведен анализ группы пациентов (n=1600) с проведенным лечением аневризмы головного мозга в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с целью выявления достоверных факторов риска неполного выключения аневризмы из кровотока. Из всех пациентов у 1463 (91,4%) аневризма была радикально выключена из кровотока, у 137 (8,6%) пациентов отмечалась резидуальная аневризма после оперативного лечения. В микрохирургической группе доля нерадикального выключения (R2-R5) составила 5,1%, в эндоваскулярной группе – 16,1%, разница достоверна ( $p < 0,001$ ).

Оценивались следующие параметры: пол, возраст, метод вмешательства, локализация, размер и форма аневризмы, множественность аневризм, наличие САК (острый период), повторность САК, срок САК на момент операции, оценка САК по шкалам Hunt-Hess и Fisher, наличие в анатомии аневризмы дивертикула, широкого устья прилежащего сосуда, атеросклеротических бляшек, внутрисосудистых тромбов, факт интраоперационного разрыва.

В построении многомерной модели с помощью бинарной логистической регрессии были взяты в расчет факторы, показавшие свою статистическую значимость в проведенном одномерном анализе: пол, метод вмешательства, локализация, форма и размеры пролеченной аневризмы.

Построено несколько моделей. При использовании модели бинарной логистической регрессии наиболее достоверным оказалось влияние вышеперечисленных факторов на факт неполного выключения аневризмы из кровотока (Рисунок 3.16 и Таблица 3.4).

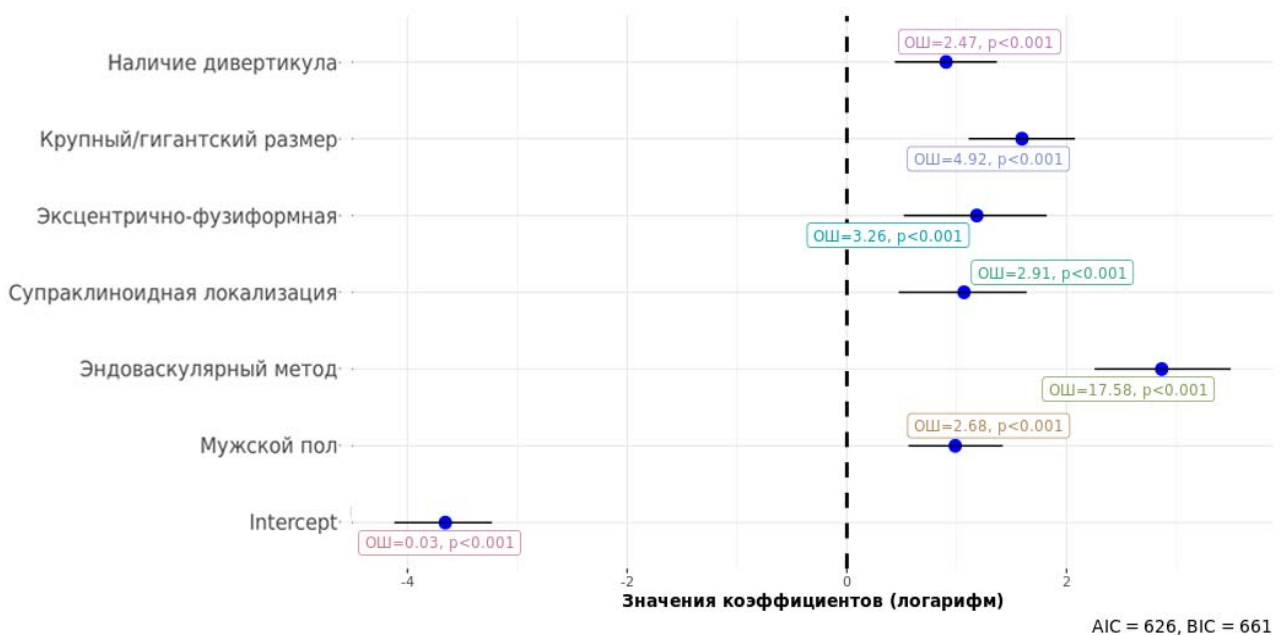


Рисунок 3.16 - Влияние различных факторов на шансы неполного выключения аневризмы из кровотока (график на основе бинарной логистической регрессии)

Таблица 3.4 - Параметры модели бинарной логистической регрессии

Исследуемый фактор	Coefficient	SE	CI	CI_low	CI_high	z	p
(Intercept)	-3,6558910	0,2262208	0,95	-4,1198327	-3,231436	16,160 721	<0,001
Мужчины	0,9865311	0,2184866	0,95	0,5605686	1,418989	4,5152 93	<0,001
Эндоваскулярный метод (спирали)	2,8665051	0,3149940	0,95	2,2553824	3,493969	9,1001 90	<0,001
Супраклиноидная локализация	1,0668036	0,2962734	0,95	0,4712478	1,637175	3,6007 40	<0,001
Эксцентрично-фузиформная	1,1828407	0,3306978	0,95	0,5180910	1,819513	3,5768 02	<0,001
Крупный и гигантский размер	1,5940492	0,2465288	0,95	1,1081472	2,076976	6,4659 76	<0,001
Дивертикулы	0,9032037	0,2362376	0,95	0,4368759	1,365460	3,8232 85	<0,001
optimal cutpoint	acc	sensitivity	specificity	AUC			
0,1128613	0,7430684	0,7322835	0,7445026	0,7863462			

Оказалось, что шансы неполного выключения аневризмы из кровотока достоверно повышаются при супраклиноидной локализации аневризмы, ее эксцентрично-фузиформной форме, наличии дивертикула, увеличении размера аневризмы, применении эндоваскулярного метода лечения аневризмы, а также при мужском поле пациента. Стоит отметить, что эндоваскулярное лечение было анализировано у пациентов с изолированным применением спиралей для лечения аневризмы, при этом достоверное повышение шансов ее неполного выключения выявлялось как у пациентов в остром периоде САК, так и у пациентов без разрыва или в холодном периоде САК.

Для наглядности были сопоставлены три используемых метода оценки влияния факторов на шансы неполного выключения: логистическая регрессия, PSM (англ. propensity score matching, «псевдорандомизация») и сравнение в группах с помощью критерия Хи-квадрат и точного теста Фишера (Таблица 3.5).

Таблица 3.5 - Сравнительная таблица достоверности влияния различных факторов риска неполного выключения аневризмы при использовании разных методов статистического анализа; «+» обозначено достоверное влияние ( $p < 0,05$ ), «-» обозначено недостоверное влияние фактора риска при применении данного метода анализа

Фактор риска	Логистическая регрессия	PSM	Сравнение в группах (Хи-квадрат и тест Фишера)
Мужской пол	+	+	+
Эндоваскулярный метод	+	+	+
Супраклиноидная локализация	+	-	+
Эксцентрично-фузиформная форма	+	-	+
Крупный и гигантский размер	+	-	+
Дивертикулы	+	-	+
САК (острый период)	-	+	+

Только два фактора риска неполного выключения аневризмы (мужской пол пациента и эндоваскулярный метод лечения) были достоверно связаны с ее неполным выключением из кровотока при применении каждого используемого метода статистического анализа. При этом, каждый фактор был достоверным при применении как минимум двух методов статистического анализа, что говорит об относительно сильной взаимосвязи этих параметров.

Также мы отмечаем, что в случаях аневризм сложной конфигурации целью операции может являться клипирование или окклюзия спиралями только дивертикула аневризмы, что может объяснить выявленный повышенный риск неполного выключения аневризмы с наличием дивертикула.



## **Глава 4 Инструментальная диагностика резидуальных и рекуррентных аневризм. Показания и сроки выполнения контрольного ангиографического исследования**

Ценность методов лучевой диагностики в первичной оценке церебральных аневризм и нетравматического САК не может быть оспорена, существующие протоколы и рекомендации учитывают сильные и слабые стороны каждой методики. В то же время, диагностический алгоритм после выключения аневризмы из кровотока в современной литературе разработан нечетко, нет однозначного понимания сроков контрольного ангиографического исследования и выбора метода диагностики. Возможно, это связано с быстрым прогрессом в области СКТ-АГ и МРА, например, появлением специальных программ и оборудования, позволяющих минимизировать артефакты от металла, а значит, заменить более инвазивную ЦСА. В этой главе мы рассмотрим значимость и вариабельность сосудистой визуализации в оценке выключения аневризмы из кровотока.

### **4.1 Цифровая субтракционная ангиография**

Из всех методов сосудистой визуализации ЦСА является одним из важнейших методов диагностики резидуальных и рекуррентных аневризм ввиду особенностей заполнения контраста.

В диагностике частично выключенных из кровотока аневризм ЦСА является даже более ценной и приоритетной, чем в диагностике не оперированных ранее аневризм. Одним из главных преимуществ ЦСА можно выделить возможность применения субтракции, с помощью которой устраняются все плотные костные фрагменты, а также металлические «импланты», включая сосудистые клипсы и внутрисосудистые спирали (Рисунок 4.1). Кроме того, при применении ЦСА можно получить наилучшее представление об анатомии мелких артерий (например, перфорантных артерий), что может в дальнейшем влиять на лечебную тактику и выбор хирургического метода лечения аневризмы.

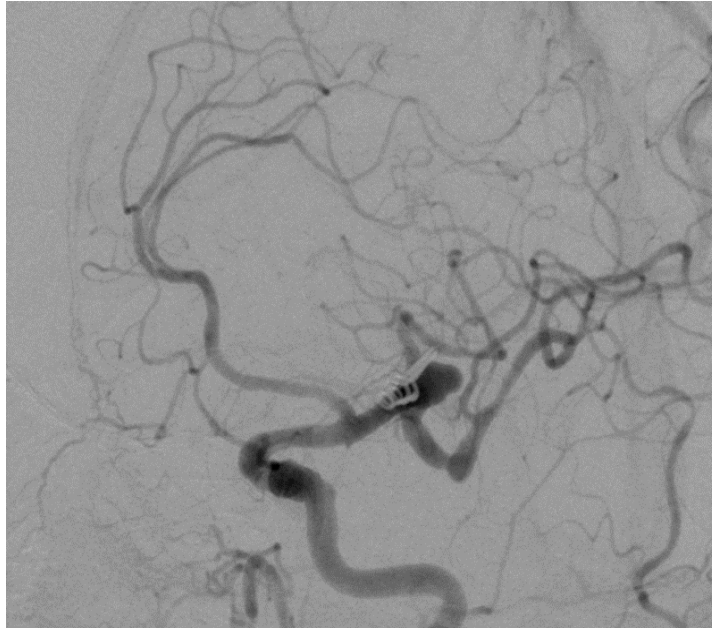


Рисунок 4.1 - ЦСА с выполнением субтракции и визуализацией резидуальной аневризмы рядом с сосудистыми клипсами

В 1998 году была разработана трехмерная ротационная ЦСА, что позволило преодолеть имевшиеся ранее ограничения этого метода диагностики ввиду двухмерности изображения. При этом, с помощью программного обеспечения и обработки изображения, трехмерная ЦСА может быть выполнена как с одновременной визуализацией костных структур, включая металлические «импланты» (Рисунок 4.2), так и с визуализацией только контрастируемых сосудов.



Рисунок 4.2 - Трехмерная ротационная ЦСА с визуализацией сосудистой клипсы и резидуальной аневризмы

Одновременная визуализация «имплантов» и контрастируемых сосудов имеет важное значение для понимания конфигурации комплекса «имлант-аневризма-сосуды» и планирования хирургической тактики.

К сожалению, трехмерная ЦСА выполняется далеко не в каждом учреждении ввиду специфичного оборудования и программного обеспечения, поэтому двухмерность полученного изображения до сих пор остается часто встречаемым недостатком этого диагностического метода.

Не стоит забывать, что ЦСА является инвазивной методикой, требующей дорогостоящего оборудования и расходных материалов, квалифицированных специалистов и необходимой инфраструктуры клиники. Как и любая операция на сосудах, она требует пребывания пациента в стационаре и имеет риск тяжелых осложнений. Ввиду использования контрастного вещества ЦСА может быть противопоказана пациентам с хронической болезнью почек, а также пациентам с отягощенным аллергологическим анамнезом. Так, риск неврологических осложнений составляет от 1,0 до 2,5% случаев с частотой необратимых осложнений от 0,1 до 0,5% [20, 28, 43, 44]. Остальные осложнения являлись временными и заключались в риске повреждения бедренной артерии (от 0,05 до 0,55%), гематоме в паховой области (от 6,9 до 10,7%) и побочных эффектах, связанных с введением контрастного вещества (повреждение почек и аллергическая реакция – около 1-2%) [74].

Тем не менее, риски этой операции, особенно у опытного хирурга, чаще остаются небольшими относительно серьезности диагностируемой патологии.

## 4.2 СКТ-АГ

СКТ-АГ головного мозга обеспечивает создание быстрого и точного трехмерного изображения костных и сосудистых структур с помощью обработки тонких срезов с контрастированием через программное обеспечение. В современной нейрохирургии цель СКТ-АГ не ограничивается визуализацией самой аневризмы, что может быть крайне полезно для планирования хирургии уже оперированных аневризм.

Основные преимущества СКТ-АГ сосудов головного мозга:

1. Полученные трехмерные и многоплоскостные реконструкции способны отражать уникальную информацию, с помощью которой легче выбрать тактику лечения и планировать операционный доступ. Например, возможность одновременной визуализации шейки аневризмы и костных структур (таких, как передний наклоненный отросток) у пациентов с параклиноидными и супраклиноидными аневризмами внутренней сонной артерии позволяет хирургу правильно спланировать микрохирургическое вмешательство с учетом необходимости передней клиноидэктомии. Кроме того, СКТ-АГ помогает в оценке направления купола аневризмы и возможного прилегания аневризмы к намету. В отношении резидуальных и рекуррентных аневризм этот метод исследования представляет собой особую ценность, так как он позволяет трехмерно визуализировать «импланты» с предыдущего хирургического вмешательства и их взаимоотношение с подлежащими структурами головного мозга. Безусловно, визуализация таких «имплантов» имеет свои ограничения ввиду частого использования металлических материалов, создающих артефакты, но это мы обсудим немного позже.

2. СКТ-АГ в совокупности с обычной СКТ головы позволяет оценить степень тромбирования аневризмы, наличие кальцинатов в сосудистой стенке.

3. СКТ-АГ является относительно малоинвазивным методом диагностики (по сравнению с ЦСА), не требует госпитализации и проводится в амбулаторных условиях.

4. СКТ-АГ является относительно быстрым исследованием (по сравнению с МРА и ЦСА), что может быть более удобным для пациентов в тяжелом состоянии.

В связи с использованием контрастного вещества СКТ-АГ имеет свои ограничения у пациентов с хронической болезнью почек или отягощенным аллергологическим анамнезом. Кроме этого, СКТ-АГ менее чувствительна в визуализации мелких артерий (например, перфорантных артерий) по сравнению с ЦСА. Также необходимо отметить, что СКТ-АГ имеет меньшую силу в

диагностике маленьких аневризм до 2-3 мм и аневризм внутренней сонной артерии, чем ЦСА.

В хирургии ранее оперированных аневризм главным недостатком СКТ-АГ являются возможные артефакты от металлических материалов, что значительно усложняет интерпретацию исследования и понимание наличия остаточной аневризмы. Количество артефактов от спиралей не позволяет удовлетворительно оценить степень радикальности выключения аневризмы на СКТ-АГ в обычном режиме.

Пилипенко Ю.В. с соавторами [6] установили прямую зависимость между увеличением количества установленных на операции кобальтовых клипс и увеличением степени выраженности артефактов на контрольной СКТ-АГ. Для оценки степени выраженности артефактов от сосудистых клипс и определения дальнейшей диагностической тактики была разработана следующая классификация: А0 – артефактов нет (Рисунок 4.3); А1 – артефакты, не затрудняющие визуализацию прилегающих к клипсам сосудов (Рисунок 4.4); А2 – артефакты, затрудняющие визуализацию прилегающих к клипсам сосудов (Рисунок 4.5); А3 – артефакты, затрудняющие визуализацию как прилегающих к клипсам, так и на отдалении от клипс, сосудов (Рисунок 4.6).

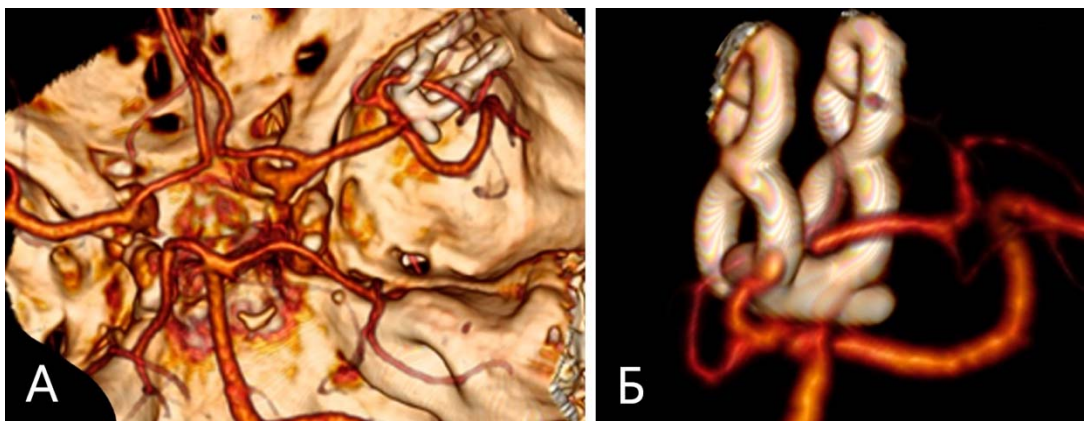


Рисунок 4.3 - Отсутствие артефактов от клипс при СКТ-АГ (А0). А – 3D-реконструкция с общим видом Виллизиева круга; Б – четкая визуализация клипс в области оперированной ранее аневризмы бифуркации правой СМА

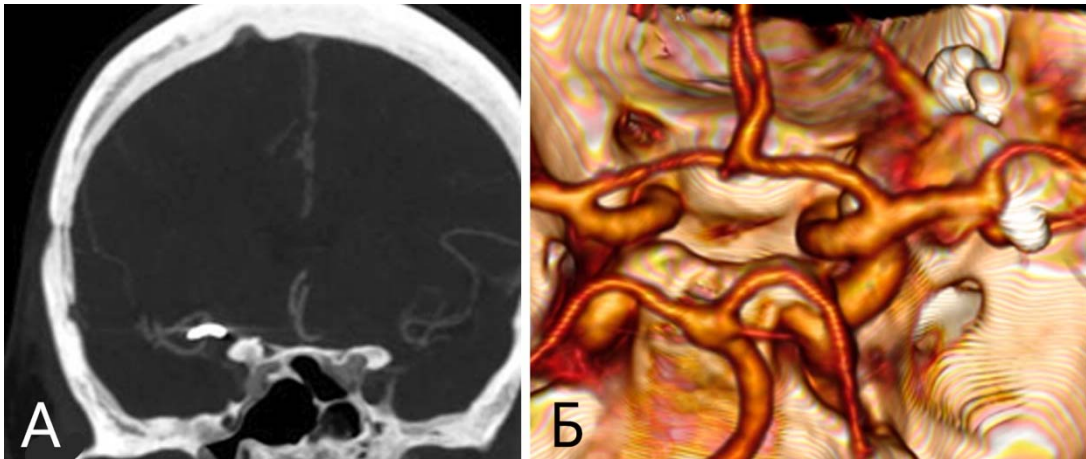


Рисунок 4.4 - Умеренное количество артефактов от клипсы при СКТ-АГ (А1). А – визуализация в режиме МIP, фронтальная проекция, удовлетворительная визуализация бифуркации правой СМА; Б – 3D-реконструкция с умеренным количеством артефактов в области сосудистой клипсы

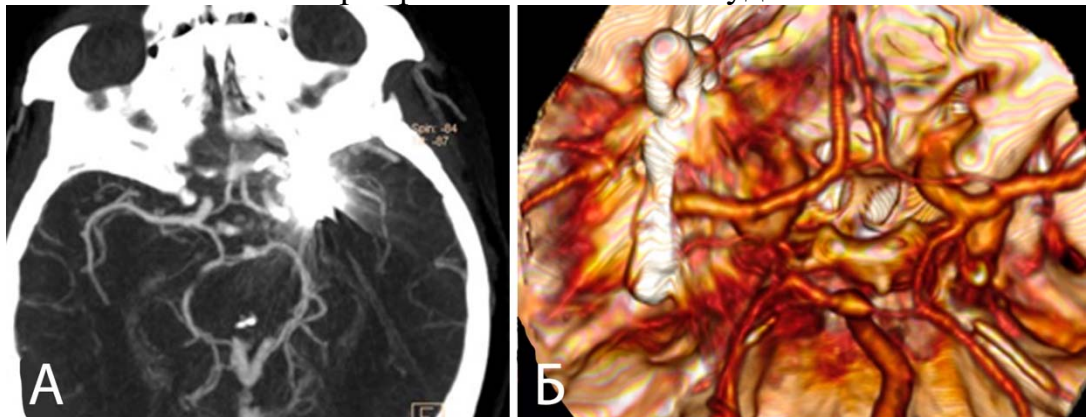


Рисунок 4.5 - Значительное количество артефактов от клипс при СКТ-АГ (А2). А – визуализация в режиме МIP, аксиальная проекция, невозможность визуализации области бифуркации левой СМА из-за артефактов, однако хорошо видны другие артерии Виллизиева круга; Б – 3D-реконструкция с выраженными артефактами от клипс в области бифуркации левой СМА

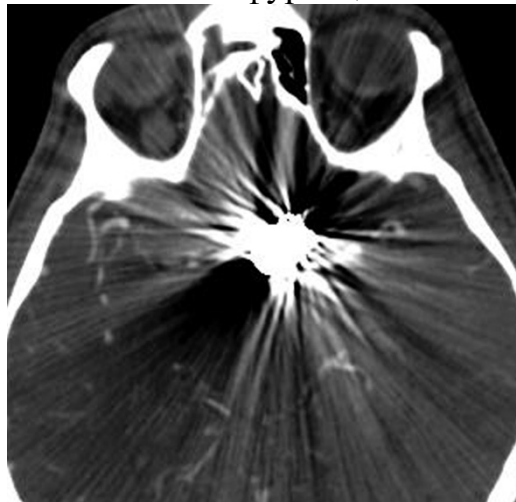


Рисунок 4.6 - Затруднена визуализация как прилегающих к клипсам, так и на отдалении от клипс, сосудов (А3). Исследование в режиме МIP, аксиальная проекция. Артерии Виллизиевского круга не видны вследствие артефактов от клипс в области бифуркации левой внутренней сонной артерии

В некоторых клиниках также возможно применение современных последовательностей, которые значительно снижают размеры и интенсивность артефактов из-за искажения от металла – это последовательности MARS (metal artifact reduction sequence), SEMAC (slice-Encoding for Metal Artifact Correction), MAVRIC для MPT (multiacquisition variable-resonance image combination) и некоторые другие. Однако, несмотря на такой прогресс, в этих режимах удовлетворительной визуализации удается достигнуть чаще у пациентов с аневризмами, ранее окклюзированными спиралями (по сравнению с пациентами с установленными кобальтовыми сосудистыми клипсами).

### 4.3 МРА

Главными преимуществами МРА в диагностике аневризм головного мозга являются малоинвазивность и отсутствие лучевой нагрузки для пациента. По данным мировой литературы отмечено, что введение контрастного вещества достоверно не повышает диагностическую ценность МРА, что так же убирает ограничение к исследованию у пациентов с болезнью почек или аллергией на контрастное вещество [92].

МРА является наиболее точным методом визуализации тромбированной части аневризмы, а также возможных ишемических очагов головного мозга. Кроме этого, при планировании эндоваскулярного доступа к аневризме проведение МРА часто является достаточным, так как в этом случае взаимоотношение аневризмы с прилежащими костными структурами играют не такую большую роль, как при планировании микрохирургического вмешательства. Отсутствие костных структур на МРА позволяет лучше визуализировать аневризмы проксимальных сегментов внутренней сонной артерии.

При визуализации ранее окклюзированных спиралями аневризм МРА является приемлемым и наиболее часто используемым методом диагностики из-за незначительного количества артефактов от платиновых спиралей (рисунок 4.7).

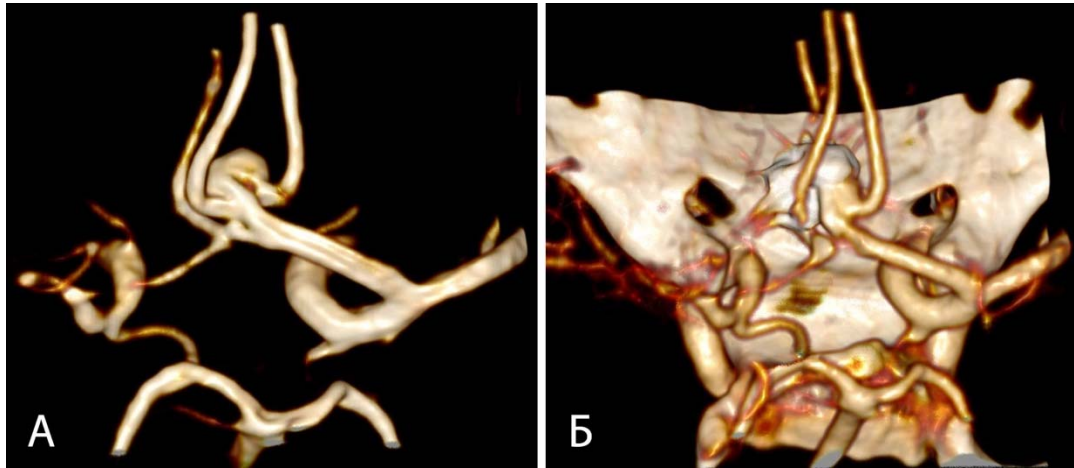


Рисунок 4.7 - Пациентка Т., 55 лет. Аневризма ПСА после проведения операции частичной окклюзии спиралями: А – визуализация аневризмы без артефактов от спиралей на МРА, Б – визуализация аневризмы с артефактами от спиралей на СКТ-АГ

У МРА есть свои недостатки, которые во многом ограничивают применение этой методики, особенно у пациентов с резидуальными и рекуррентными церебральными аневризмами:

1. Визуализация аневризм с установленными сосудистыми клипсами (как кобальтовыми, так и титановыми) сопровождается наличием выраженных артефактов, вследствие чего адекватная интерпретация результата исследования становится невозможной [34, 58];

2. Внутрипросветный тромб у пациентов с окклюзированной спиралями аневризмой может имитировать резидуальную аневризму из-за сигнальных характеристик острого и подострого тромба в T1-режиме МРТ (при использовании МРА с внутривенным контрастированием можно использовать субтракцию и увидеть разницу тромба и остатка) [26, 113];

3. Нет возможности понять взаимоотношение костей черепа с аневризмой и ее прилегающими сосудами;

4. При визуализации крупных и гигантских аневризм встречается выраженная потеря сигнала в полости аневризмы из-за особенностей обработки сигнала в процессе исследования [92];



5. МРА выполняется относительно длительное время, в связи с чем ее применение ограничено у критически тяжелых пациентов;

6. Нельзя использовать у пациентов с некоторыми видами устройств, контролирующими сердечный ритм.

#### **4.4 Особенности выбора диагностического метода**

Таким образом, каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и визуальное отсутствие резидуальной части аневризмы на снимках не всегда исключает ее наличие в действительности.

Безусловно, идеальным методом инструментальной диагностики для оценки радикальности выключения аневризмы остается 3D-ротационная ЦСА, однако, выполнять ЦСА всем пациентам после микрохирургического лечения аневризмы нецелесообразно ввиду рисков манипуляции и ее высокой стоимости. Подчеркнем, что идеальным методом является именно трехмерная ЦСА, но ее выполнение, к сожалению, встречается относительно нечасто.

Среди нашей серии анализируемых пациентов не выключенная из кровотока церебральная аневризма была выявлена с помощью ЦСА в 61,7% случаев, СКТ-АГ в 36,2% случаев, МРА в 2,1% случаев. В некоторых случаях для наилучшей предоперационной визуализации пациентам требовалась СКТ-АГ после выполнения двухмерной ЦСА (Рисунки 4.8 и 4.9).

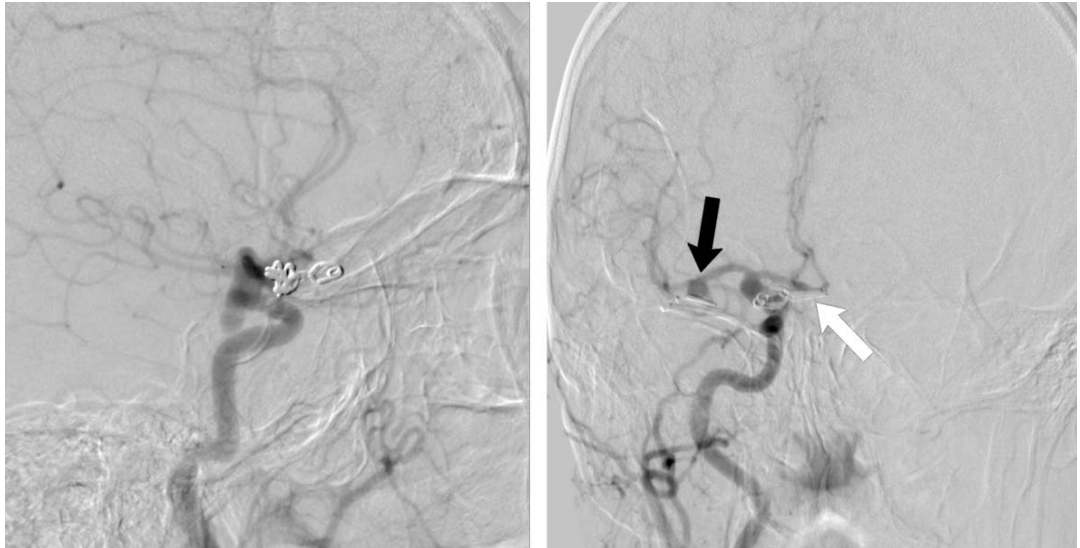


Рисунок 4.8 - Пациент М., 46 лет. ЦСА в боковой и прямой проекциях, без выполнения 3D-ротационной ЦСА; черная стрелка указывает на резидуальную часть аневризмы правой СМА, белой стрелкой указана область полностью выключенной из кровотока аневризмы ПСА

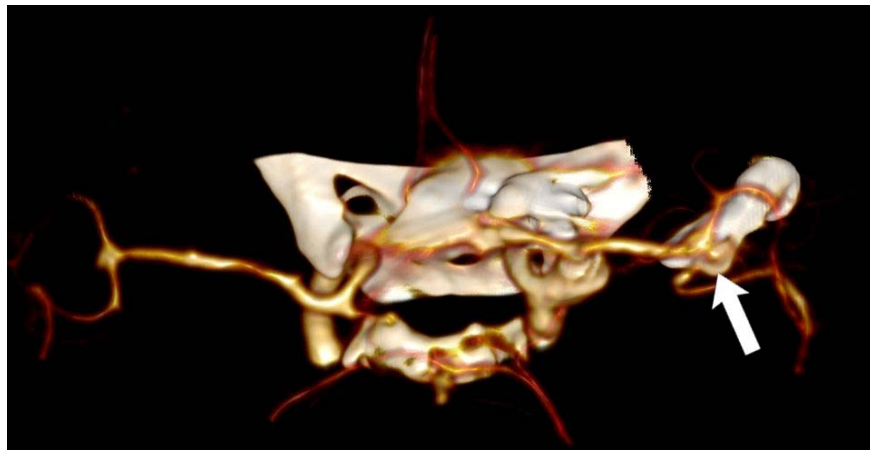


Рисунок 4.9 - Пациент М., 46 лет. СКТ-АГ, 3D-реконструкция сосудов; белой стрелкой указана резидуальная часть аневризмы СМА, при этом понятно ее взаимоотношение с титановой клипсой; в области ПСА отмечаются выраженные артефакты от нетитановой клипсы, оценка радикальности выключения аневризмы ПСА невозможна

При выполнении двухмерной ЦСА примерно понять взаимоотношение сосудистых клипс с аневризмой возможно при попеременном исследовании снимка с одной проекции с субтракцией и без нее (Рисунок 4.10).

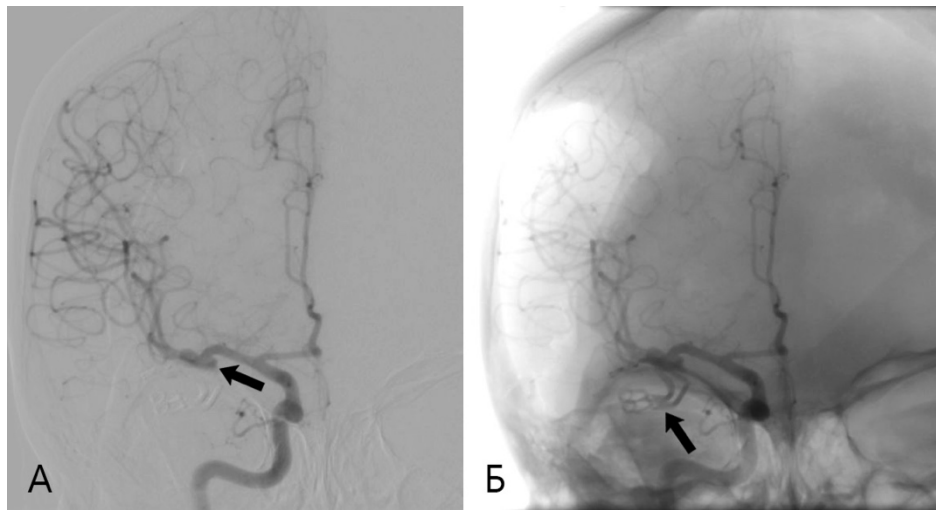


Рисунок 4.10 - Пациентка С., 58 лет. ЦСА в прямой проекции: А – режим субтракции, видна резидуальная часть (черная стрелка), контур клипс еле прослеживается; Б – режим без субтракции, четко видны 2 сосудистые клипсы (черная стрелка) и их примерное отношение к аневризме

Трехмерная ЦСА может быть сопоставима с СКТ-АГ только при применении титановых клипс (Рисунок 4.11). При этом, на СКТ-АГ резидуальная часть аневризмы у «подножия» клипсы может казаться меньше, чем на ЦСА (Рисунок 4.11). Это связано с особенностями искажения сигнала из-за металла, даже у титановых клипс. Эта особенность также приводит к явлению «псевдостеноза» или даже «псевдоокклюзии» прилежащих к титановой клипсе сосудов (Рисунок 4.12) [95]. При использовании нетитановых клипс при степенях выраженности артефактов на СКТ-АГ А0 и А1 визуализацию можно считать относительно удовлетворительной для оценки полноты выключения аневризмы. При степенях А2 и А3, где визуализация является неудовлетворительной, пациентам в дальнейшем рекомендуется выполнение ЦСА [6].

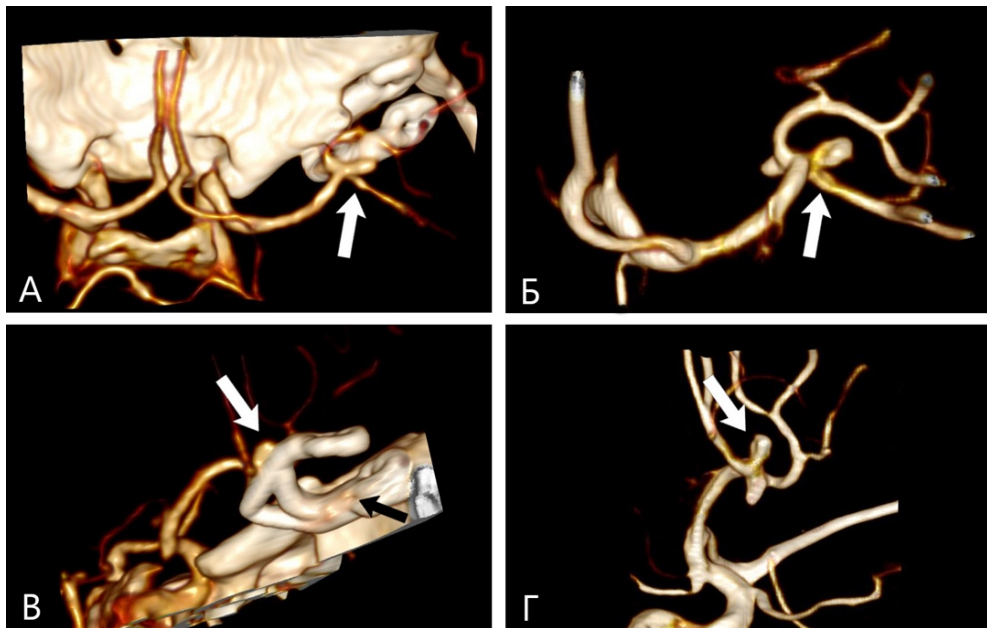


Рисунок 4.11 - Пациентка С., 58 лет. Сопоставление 3D-реконструкции СКТ-АГ (А, В) и 3D-ротационной ЦСА (Б, Г). Белой стрелкой указана кровоснабжаемая часть частично выключенной аневризмы бифуркации правой СМА

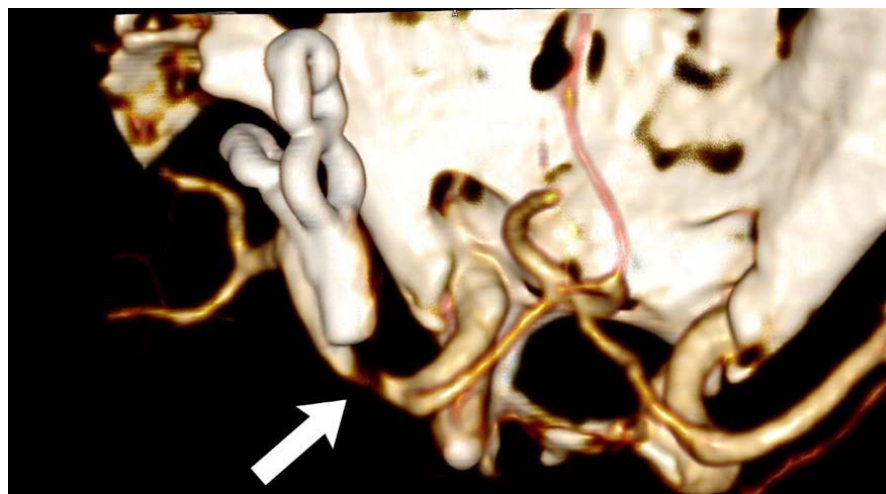


Рисунок 4.12 - СКТ-АГ сосудов головного мозга, артефакт в виде «псевдостеноза» или «псевдоокклюзии» прилежащего к титановой клипсе сосуда (белая стрелка). Обращает на себя внимание направление бранш фенестрированной клипсы, по которому образуется этот артефакт

Бесконтрастная МРА является методом выбора для скрининга пациентов с частично окклюзированными спиралями аневризмами, а также для пациентов с тяжелой болезнью почек или аллергией на контрастное вещество.

Исходя из всего вышеуказанного, мы предлагаем следующий упрощенный

алгоритм выбора метода скрининга ранее оперированных аневризм (Рисунок 4.13).

Стоит отметить, что при любых сомнительных ситуациях (обнаружение возможной кровоснабжаемой части аневризмы) и сложных конфигурациях аневризмы рекомендуется выполнение 3D-ротационной ЦСА.



Рисунок 4.13 - Алгоритм выбора метода наблюдения ранее оперированных аневризм (\* – предпочтительный метод; \*\* – при выраженности артефактов А2 или А3 степени рекомендована ЦСА)

#### 4.5 Сроки выполнения контрольного ангиографического исследования

Сроки выполнения контрольного исследования выключенной из кровотока аневризмы являются крайне спорными в современной нейрохирургии, в мировой литературе нет единого мнения по этому поводу.

Эндоваскулярное лечение церебральной аневризмы предполагает собой единовременный ранний послеоперационный контроль ее выключения из кровотока во время операции. Микрохирургическое лечение аневризмы, несмотря на ее открытую визуализацию, вскрытие полости и возможность использования интраоперационной флуоресценции, не обладает одномоментной возможностью точного контроля полного выключения аневризмы из кровотока. Гибридная операционная помогает обойти это ограничение микрохирургии аневризм.

Контрольное ангиографическое исследование в раннем послеоперационном периоде микрохирургического лечения аневризмы является неотъемлемой частью скрининга резидуальных аневризм вне зависимости от уверенности хирурга в

полном выключении аневризмы интраоперационно.

Среди анализируемой группы пациентов контрольное ангиографическое исследование перед повторным хирургическим вмешательством было проведено у 82,5% пациентов.

При анализе причин отсутствия предоперационного контрольного обследования на момент повторной операции у 14 пациентов (17,5%) выявлены следующие причины:

1. Пациенты перенесли САК в раннем послеоперационном периоде (чаще в нулевые или первые сутки после операции) и были в экстренном порядке взяты в операционную без предварительной визуализации резидуальной аневризмы;
2. Пациенты после первичной эндоваскулярной операции с изначально нерадикально выключенной аневризмой, в качестве предоперационной визуализации использована интраоперационная ангиография.

Срок выполнения контрольного исследования перед повторным хирургическим вмешательством варьировал от 0 до 8395 суток. Ввиду большого разброса величины срока контрольного исследования, целесообразнее оценивать медиану, которая составила 329 суток при анализе всех пациентов.

В микрохирургической группе пациентов средний срок выполнения контрольного исследования составил 4 года (стандартное отклонение  $\pm 5,6$  лет, медиана 356 суток). В эндоваскулярной группе пациентов средний срок выполнения контрольного исследования составил 2,3 года (стандартное отклонение  $\pm 3$  года, медиана 304 суток).

В рекомендательных протоколах по сосудистой нейрохирургии указано, что оценка радикальности выключения аневризмы в раннем послеоперационном периоде (при выписке пациента) выполняется как промежуточный этап, а окончательная оценка проводится в срок не ранее 6 месяцев после операции [3]. Выполнение ЦСА в сроки до 2 недель после операции рекомендовано при наличии сомнений хирурга в радикальности проведенной операции, подозрении на миграцию наложенной клипсы или известном неполном выключении аневризмы во время операции.

Сомнения хирурга – крайне субъективный критерий, и при возможности проведения СКТ-АГ в стационаре в раннем послеоперационном периоде мы рекомендуем не пренебрегать этой опцией в любом случае. Даже полная уверенность в радикальном выключении аневризмы может быть ошибочной.

В качестве примера рассмотрим быстрый рост аневризмы у одного из пациентов, оперированного по поводу аневризмы супраклиноидного сегмента правой ВСА, продемонстрированный на рисунке 4.14. Ранний послеоперационный период протекал без особенностей. На третьи сутки после операции была выполнена контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга, при этом очевидных признаков резидуальной аневризмы не наблюдалось (Рисунок 4.14А).

По стечению случайных обстоятельств (медицинская ошибка при записи на исследование) пациенту выполнена повторная СКТ-АГ сосудов головного мозга через 10 дней (Рисунок 4.14Б), при этом на исследовании визуализирована ранее не контрастируемая аневризма (быстрый рост резидуальной части?). Аневризма подтверждена с помощью ЦСА на следующий день.

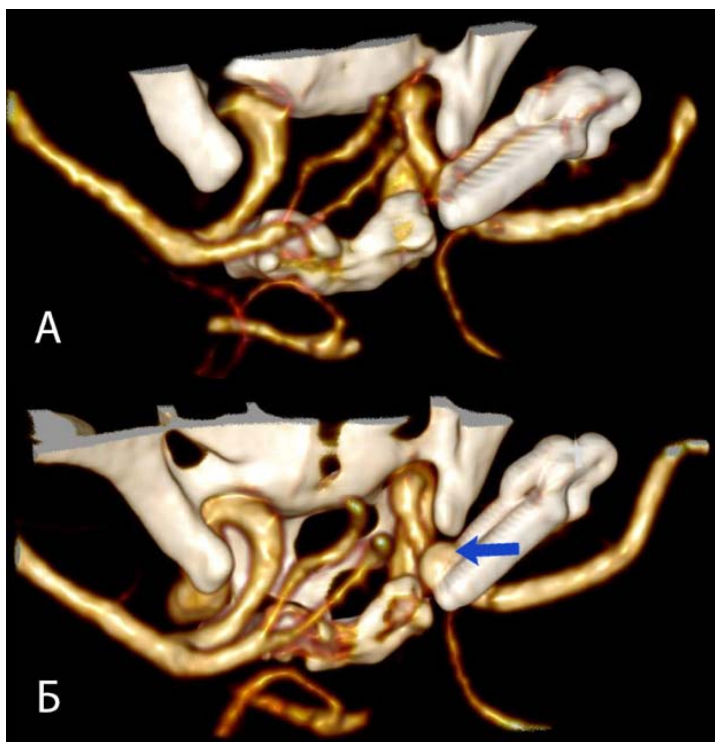


Рисунок 4.14 - Пациент С., 46 лет. А – СКТ-АГ – без признаков резидуальной аневризмы; Б – СКТ-АГ сосудов головного мозга признаки рекуррентной аневризмы правой ВСА (синяя стрелка)

В данном случае интраоперационно на первичной операции не было сомнений о радикальном выключении аневризмы из кровотока, что доказывает отсутствие четко визуализируемой остаточной части на первой СКТ-АГ. Но такой рост аневризмы через 10 дней – косвенный признак резидуальной части и/или патологически измененной сосудистой стенки вблизи бранш клипсы. Мы не пытаемся доказать, что проводить контрольное исследование необходимо несколько раз в течение раннего послеоперационного периода, но напоминаем, что при выполнении микрохирургического вмешательства объективное доказательство радикальности выключения аневризмы из кровотока в раннем послеоперационном периоде является необходимым атрибутом качественного лечения.

Повторное исследование после микрохирургической или эндоваскулярной операции рекомендуется проводить в течение 6-12 месяцев после вмешательства. В последующем частота контрольного обследования зависит от радикальности ее выключения, а также от наличия факторов риска появления рекуррентной аневризмы, аневризмы *de novo* и аневризм других локализаций.



## Глава 5 Особенности повторной операции. Хирургическое лечение резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм

### 5.1 Клинические проявления на момент повторной операции

При анализе повторного вмешательства на церебральной аневризме кровоизлияние из резидуальной аневризмы являлось причиной диагностики у 26 пациентов (32,5%). У 20 из 26 пациентов (76,9%) САК был отмечен как при первичной, так и при повторной операции. У 6 (23,1%) пациентов с САК из резидуальной аневризмы до первичной операции кровоизлияния из нее не отмечалось.

В 54 случаях (67,5%) аневризма была обнаружена в результате контрольного ангиографического исследования.

Средний интервал между первичной операцией и повторным кровоизлиянием составил 4,4 года (медиана 69 суток, минимальный интервал – 0 суток, максимальный – 9076 суток), при этом риск кровоизлияния из резидуальной аневризмы в первый год после первичной операции был наибольшим и составил 17,5%. Средний интервал между повторным кровоизлиянием и повторной операцией составил 29 суток (медиана 14 суток). Распределение пациентов по наличию кровоизлияния и характеристики кровоизлияния представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Распределение пациентов по наличию кровоизлияния и характеристики кровоизлияния

Параметр		Абсолютно (%)
САК при повторной операции	Да	26 (32,5%)
	Нет	54 (67,5%)
Повторность САК на момент повторной операции (после первичной операции)	Единично	20 (76,9%)
	Повторно	6 (23,1%)

Обращает на себя внимание увеличение количества пациентов с тяжелым течением заболевания — V степень по шкале Hunt-Hess встречается в 30,9%

случаев (на момент первичной операции 6,0%) (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Распределение пациентов с кровоизлиянием по шкале Hunt-Hess на момент повторной операции

Степень по шкале Hunt-Hess	Абсолютно (%)
I	1 (3,8%)
II	10 (38,5%)
III	5 (19,2%)
IV	2 (7,7%)
V	8 (30,8%)

Также было отмечено увеличение количества повторных кровоизлияний на момент второй операции (23,1% по сравнению с 9,5% на момент первичной операции), однако при анализе связанных выборок достоверной разницы переходов степеней Hunt-Hess и повторности САК выявлено не было.

При анализе распределения степени кровоизлияния по шкале Fisher (Таблица 5.3) можно увидеть более частое наличие внутримозговых гематом и желудочковых кровоизлияний (т.е. Fisher 4 степени) по сравнению с распределением на момент первичной операции (80,8% по сравнению с 6,0% на момент первичной операции,  $p=0,04$ ).

Таблица 5.3 - Распределение пациентов с кровоизлиянием по шкале Fisher на момент повторной операции.

Степень по шкале Fisher	Абсолютно (%)
1	0 (0%)
2	2 (7,7%)
3	3 (11,5%)
4	21 (80,8%)

При этом, на момент повторной операции достоверно прослеживается тенденция более частых желудочковых кровоизлияний или внутримозговых гематом при первичном применении микрохирургического метода лечения аневризмы ( $p=0,05$ ) (Таблица 5.4). Можно предположить, что эта связь обусловлена

наличием спаечного процесса и возможной облитерацией субарахноидальных цистерн в результате микрохирургического вмешательства.

Таблица 5.4 - Распределение пациентов с кровоизлиянием по шкале Fisher на момент повторной операции в зависимости от метода первичного хирургического вмешательства на аневризме ( $p=0,05$ )

Fisher	Микрохирургическая операция (%)	Эндоваскулярная операция (%)
1	0,0	3,7
2	4,9	22,2
3	22,0	25,9
4	48,8	22,2
Без САК	24,4	25,9

## **5.2 Показания к повторному хирургическому лечению резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм**

При определении показаний к повторному хирургическому лечению резидуальных и рекуррентных аневризм мы анализировали их морфологические особенности, клиническое течение и анатомо-морфологические особенности исходных аневризм. Ретроспективно оценивая вышеуказанные параметры, мы пришли к выводу, что показанием к операции на резидуальной или рекуррентной аневризме является наличие хотя бы одного из нижеперечисленных факторов:

1. Категория резидуальной/рекуррентной аневризмы R3 – R5 (FR3 – FR4 для фузиформных аневризм);
2. Кровоизлияние из резидуальной/рекуррентной аневризмы (вне зависимости от ее категории);
3. Рост резидуальной/рекуррентной аневризмы.

## **5.3 Выбор метода повторного хирургического вмешательства**

Все пациенты в анализируемом материале были повторно оперированы микрохирургическим методом. Повторное эндоваскулярное вмешательство на церебральных аневризмах – актуальная тема, которая достаточно часто обсуждается в мировой и отечественной литературе и имеет свои особенности, но

в данной работе она не рассматривается.

Среди анализируемых пациентов выбор повторного микрохирургического вмешательства был основан на различных параметрах, однако основными параметрами являлись локализация аневризмы и ее морфологические особенности. Так, при аневризмах переднего отдела Виллизиева круга дистальнее офтальмического сегмента ВСА отдавалось предпочтение микрохирургическому методу. При аневризмах с локализацией в вертебробазиллярном отделе предпочтение отдавалось эндоваскулярному методу (исключая аневризмы устья задней нижней мозжечковой артерии).

Среди морфологических особенностей оценивалось положение имплантов с предыдущей операции и морфологический тип аневризмы. Например, важной особенностью для понимания рисков микрохирургического вмешательства является факт нахождения витков спиралей в шейке аневризмы (см. раздел 5.4). Фузиформные аневризмы предпочтительно повторно выключать из кровотока либо с помощью реваскуляризации, либо с установкой потокоперенаправляющего стента. В эксцентрично-фузиформных аневризмах важно предоперационное понимание расположения важных сосудов, которые могут выходить из шейки или тела аневризмы, при этом, учитывая стремление максимально радикального повторного выключения, выбор метода вмешательства может меняться на нестандартный для конкретной аневризмы.

Существует мнение, что повторное вмешательство на аневризме должно выполняться с помощью отличного от первого метода выключения аневризмы из кровотока. Мы частично согласны с этим мнением, поскольку, к примеру, при неудачной попытке микрохирургического клипирования аневризмы опытным сосудистым хирургом логичным и более безопасным для пациента решением было бы применение эндоваскулярной методики выключения аневризмы из кровотока. Кроме того, при невозможности эндоваскулярного радикального выключения аневризмы при повторных операциях всегда следует рассмотреть вариант ее микрохирургического выключения.

Однако, повторное эндоваскулярное вмешательство нередко может стать

достаточно радикальным и наиболее безопасным для пациента. Учитывая повсеместное распространение стент-ассистенции и потокоперенаправляющих стентов, стало возможным радикальное выключение многих аневризм, которые раньше считались «неклипируемыми» и сложными для эндоваскулярной окклюзии спиралями.

Кроме этого, анализируя материал 80 пациентов, оперированных ранее как в нашем центре, так и в регионах нашей страны, в некоторых ситуациях на вторичной микрохирургической операции сосудистые клипсы располагались либо вне аневризмы, либо затрагивая лишь край ее стенки, что нередко говорит о допущенной во время микрохирургической операции ошибке (Рисунок 5.1).

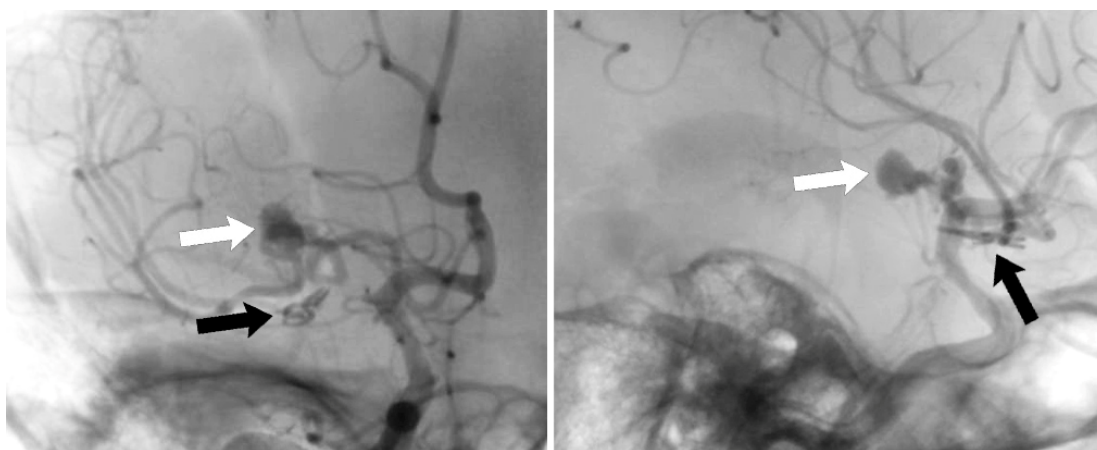


Рисунок 5.1 - Пациентка Е., 37 лет. ЦСА без режима субтракции. Пример расположения клипсы (черная стрелка) вне локализации аневризмы бифуркации правой СМА (белая стрелка)

В подобных случаях риск повторного микрохирургического вмешательства стремится к рискам первичного микрохирургического вмешательства и может являться наиболее радикальным методом выключения аневризмы. Рассмотрим подобную ситуацию на клиническом примере.

### Клиническое наблюдение №6

Пациент Т., 41 год, поступил в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 20.06.2022 с целью микрохирургического лечения резидуальной аневризмы передней соединительной артерии. Из анамнеза: пациент перенес тяжелое САК с внутрижелудочковым кровоизлиянием в ноябре 2021 года, по месту жительства была обнаружена мешотчатая аневризма ПСА (Рисунок 5.1А) и 18.11.2021 выполнена операция микрохирургического клипирования аневризмы ПСА слева с тривентрикулостомией. Послеоперационный период протекал без осложнений. При контрольной ЦСА от 24.03.2022 – картина частично выключенной аневризмы с остатком класса R4 (Рисунок 5.2Б).

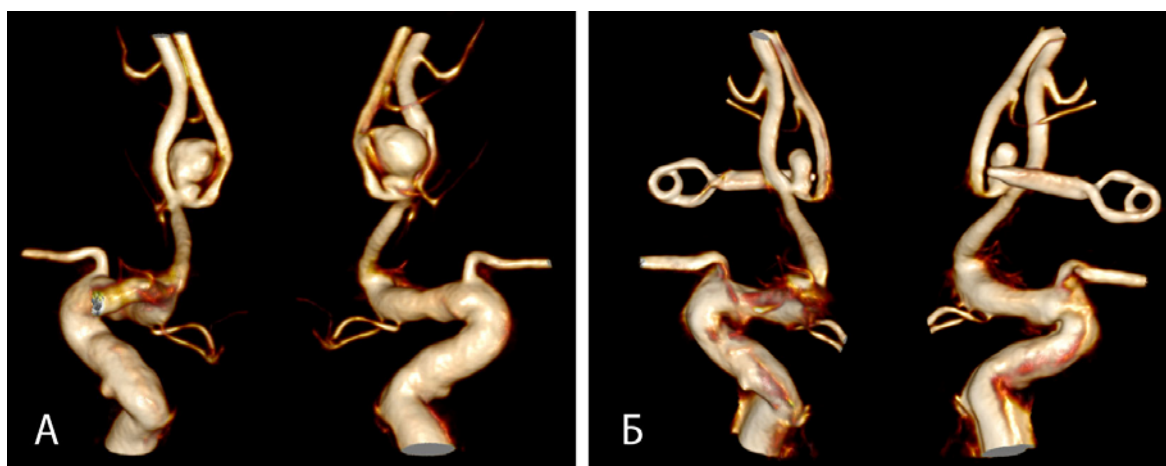


Рисунок 5.2 - Пациент Т., 41 год. А – 3D-ротационная ЦСА от 17.11.2021, визуализирована аневризма ПСА (вид сзади и спереди); Б – контрольная 3D-ротационная ЦСА от 24.03.2022 с резидуальной аневризмой ПСА

21.06.2022 проведена повторная операция микрохирургического клипирования аневризмы ПСА в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко. Интраоперационно была выполнена диссекция к углу А1 и А2-сегментов слева и визуализирована клипса, припаянная своим замком к основанию. При диссекции выяснилось, что аневризма ПСА не клипирована, она отходила широкой шейкой от ПСА и дном была направлена вверх и назад (Рисунок 5.3А). Клипса во время первой операции была установлена на рубцовых спайках сразу кпереди от аневризмы (т.е. класс радикальности R5, уменьшение контрастирования полости

аневризмы было ввиду тромбообразования). На фоне выключения обоих А1 сегментов «старая» клипса была удалена и аневризма выключена изогнутой стандартной титановой клипсой (Рисунок 5.3Б). Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга с подтверждением полного выключения аневризмы выполнена 23.06.2022 (Рисунок 5.4).

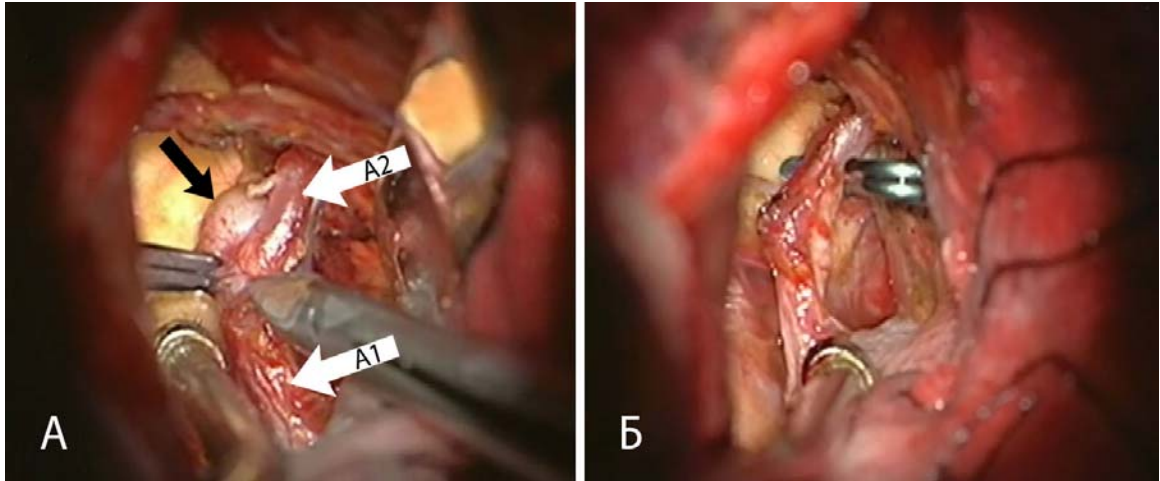


Рисунок 5.3 - Пациент Т., 41 год. Интраоперационные фото (реоперация):  
 А – визуализированы бранши клипсы, установленной на спайках кпереди от аневризмы ПСА (аневризма отмечена черной стрелкой), сегменты ПМА отмечены на фото; Б – окончательное клипирование аневризмы ПСА

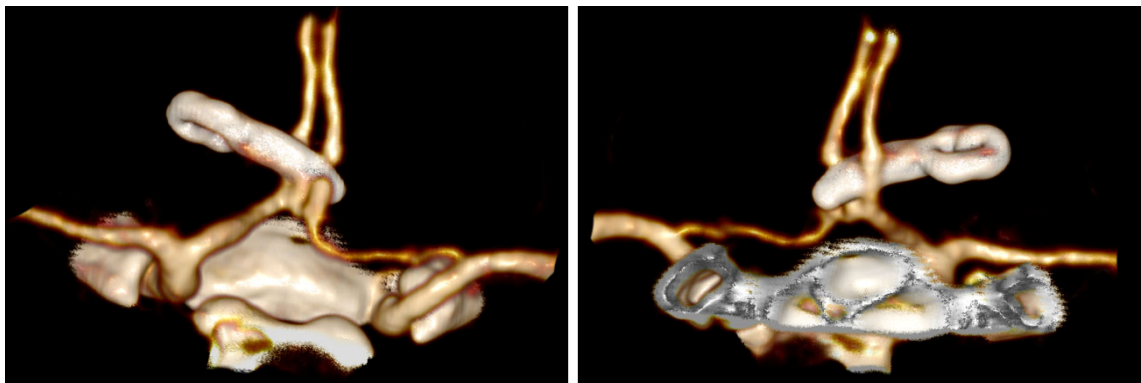


Рисунок 5.4 - Пациент Т., 41 год. Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга от 23.06.2022 с верификацией полного выключения аневризмы из кровотока

#### **5.4 Особенности микрохирургического лечения ранее клипированных аневризм**

Микрохирургическое лечение ранее клипированных аневризм представляет собой непростую задачу и имеет ряд специфических особенностей.

При проведении повторной микрохирургической операции требуются опыт

и отработанная микрососудистая техника оперирующего хирурга. Важной отличительной особенностью такой операции является рубцово-спаечный процесс как при доступе к аневризме, так и при ее выделении. Особенно это касается случаев с длительным межоперационным промежутком (самый большой промежуток в нашей серии достигал почти 25 лет). Вследствие рубцово-спаечного процесса хирургическая анатомия может быть грубо искажена, поэтому диссекция должна проводиться аккуратно с соблюдением предосторожности.

При предоперационном планировании повторного микрохирургического вмешательства может оказаться крайне полезным ознакомление с первичным протоколом операции или, в идеале, просмотр первичного интраоперационного видео для максимального понимания и планирования вторичного подхода к аневризме, а также ориентации в расположении сосудистых клипс.

В некоторых случаях сложных аневризм (эксцентрично-фузиформные, фузиформные, частично тромбированные аневризмы, сращенные с шейкой аневризмы спирали) могут оказаться полезными реваскуляризирующие методики с применением как экстра-интракраниальных, так и интра-интракраниальных анастомозов. В анализируемой серии пациентов реваскуляризирующая методика была применена у одной пациентки с гигантской фузиформной аневризмой правой СМА (с треппингом аневризмы и использованием экстра-интракраниального анастомоза с помощью поверхностной височной артерии и высокопоточного шунтирования с помощью графта из лучевой артерии на вторичной операции).

При клипировании «старые» сосудистые клипсы часто мешают как выделению резидуальной части аневризмы, так и ее радикальному клипированию. Однако это не означает, что «старые» клипсы необходимо тотчас удалять для лучшего обзора. Каждая подобная операция – исключительный случай, и она требует индивидуального подхода. При принятии решения о снятии «старых» клипс необходимо брать в расчет длительность межоперационного промежутка, выраженность спаечного процесса и интимность сращения клипс с прилежащими сосудами и стенкой аневризмы. Важно взвесить пользу от снятия «старых клипс» с рисками травмы прилежащих структур.



В случае аневризм срединной локализации (ПСА или базилярная артерия) следует обратить особое внимание стороне предыдущего хирургического доступа к аневризме. В случае изменения стороны хирургического доступа при повторной операции, выполнить при необходимости снятие клипс, установленных при предыдущей операции, будет крайне сложно и травмоопасно. С другой стороны, контралатеральный (по отношению к первичной операции) доступ облегчается менее выраженным рубцово-спаечным процессом, препятствующим хирургическому доступу к аневризме. В нашей серии контралатеральный доступ на резидуальной аневризме не применялся.

Рассмотрим следующие два клинических примера.

#### **Клиническое наблюдение №7**

Пациент П., 44 года, госпитализирован в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 19.03.2011 для микрохирургического лечения аневризмы ПСА. Из анамнеза: острое начало заболевания 21.11.2010 в виде внезапной головной боли, тошноты, рвоты и кратковременной потери сознания. Госпитализирован в стационар по месту жительства, где при СКТ головного мозга выявлено САК. Получал консервативное лечение. 14.12.2010 на СКТ-АГ сосудов головного мозга выявлена аневризма ПСА (Рисунок 5.5). 23.12.2010 в больнице по месту жительства произведена микрохирургическая операция клипирования аневризмы ПСА слева. Ранний послеоперационный период протекал без осложнений.

С 01.01.2011 пациента начала беспокоить тошнота, периодически рвота. С 15.01.2011 наблюдалась психопатологическая симптоматика. 22.01.2011 – внезапная потеря сознания, госпитализирован повторно в больницу по месту жительства, при СКТ головы диагностирован повторный разрыв аневризмы с внутрижелудочковым кровоизлиянием (Рисунок 5.6). В клинической картине у пациента наблюдался левосторонний гемипарез.

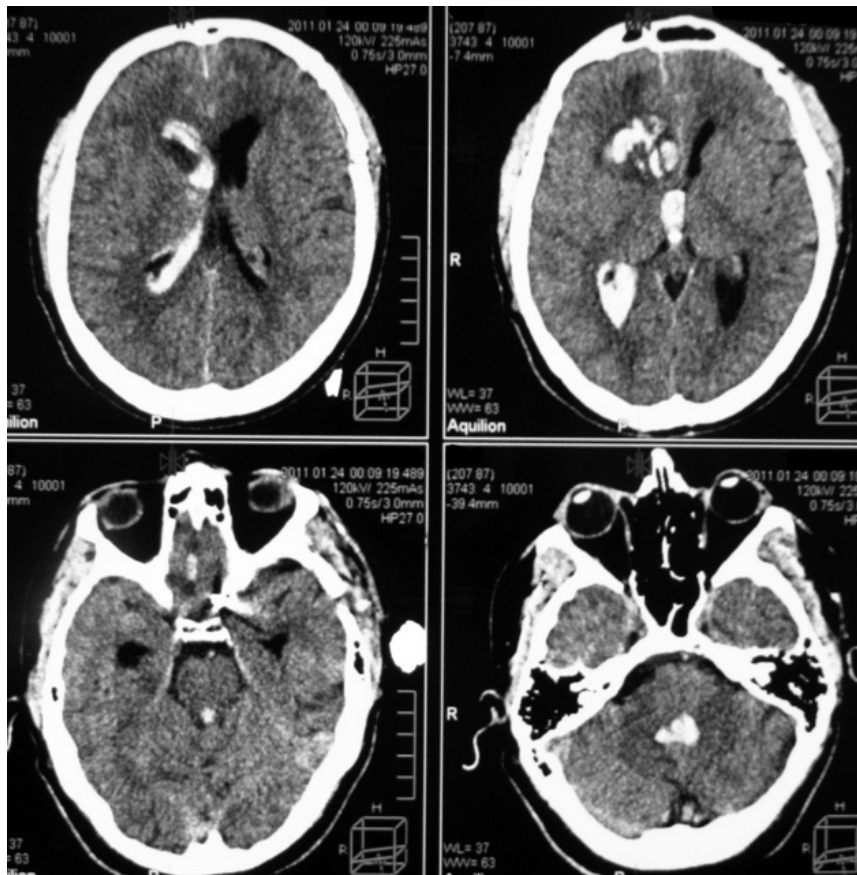
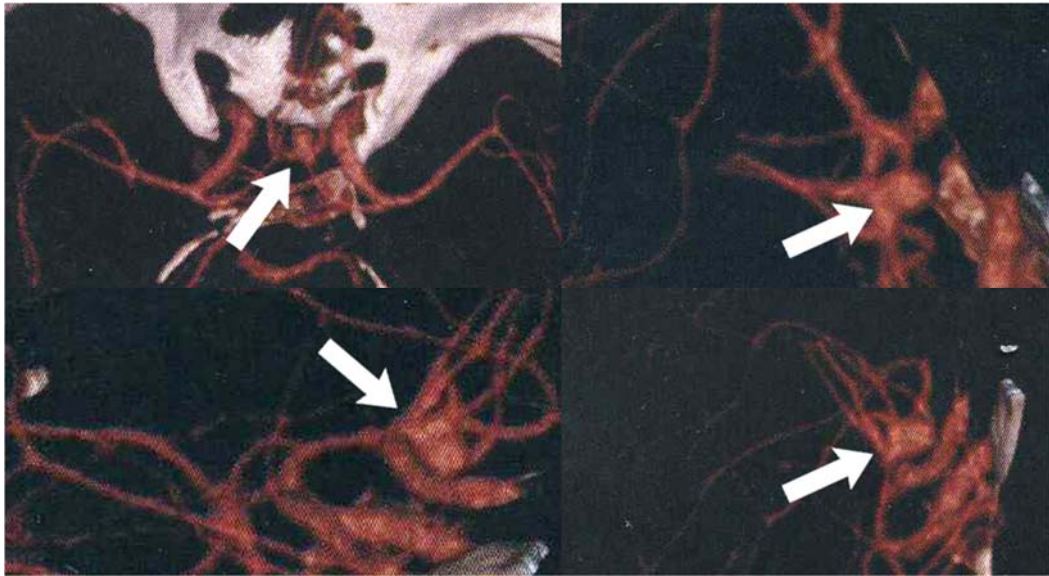


Рисунок 5.5 - Пациент П., 44 года. Первая СКТ-АГ сосудов головного мозга, визуализирована мешотчатая аневризма ПСА (белая стрелка)

Рисунок 5.6 - Пациент П., 44 года. СКТ головы от 24.01.2011 с визуализацией повторного САК с внутрижелудочковым кровоизлиянием

При СКТ-АГ сосудов головного мозга от 24.01.2011 отмечено контрастирование аневризмы ПСА (Рисунок 5.7).

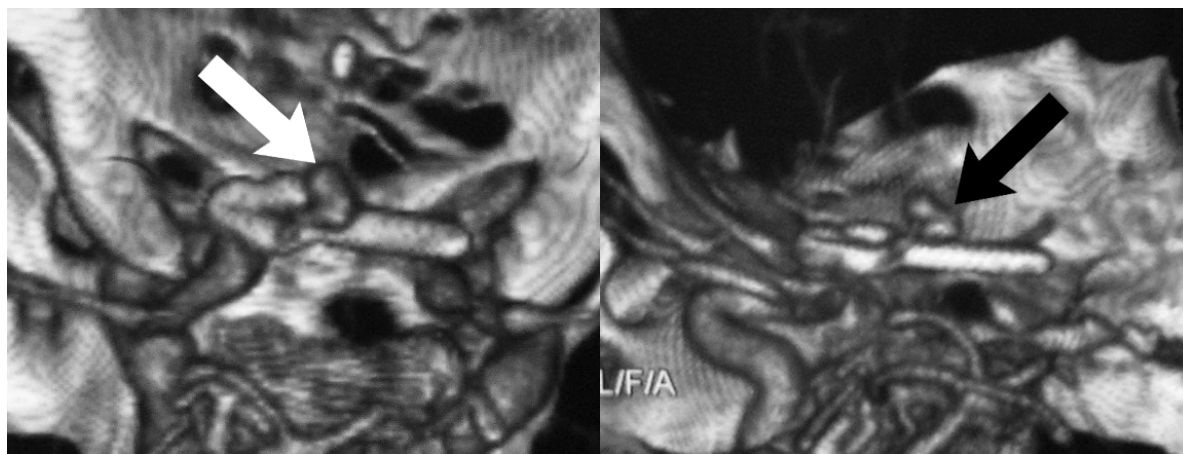


Рисунок 5.7 - Пациент П., 44 года. СКТ-АГ сосудов головного мозга от 24.01.2011 с визуализацией резидуальной аневризмы ПСА (отмечена стрелками)

03.03.2011 в больнице по месту жительства произведена повторная операция – на резидуальную аневризму ПСА наложена вторая сосудистая клипса. В послеоперационном периоде отмечались элементы мутизма, сохранение левостороннего гемипареза. При контрольной СКТ-АГ сосудов головного мозга от 15.03.2011 также определяется резидуальная аневризма ПСА, при этом ее размеры превосходят первоначальные размеры нелеченой аневризмы (Рисунок 5.8), что может быть следствием как роста аневризмы, так и возможного лизиса тромбированной части аневризмы, которая не была диагностирована ранее.

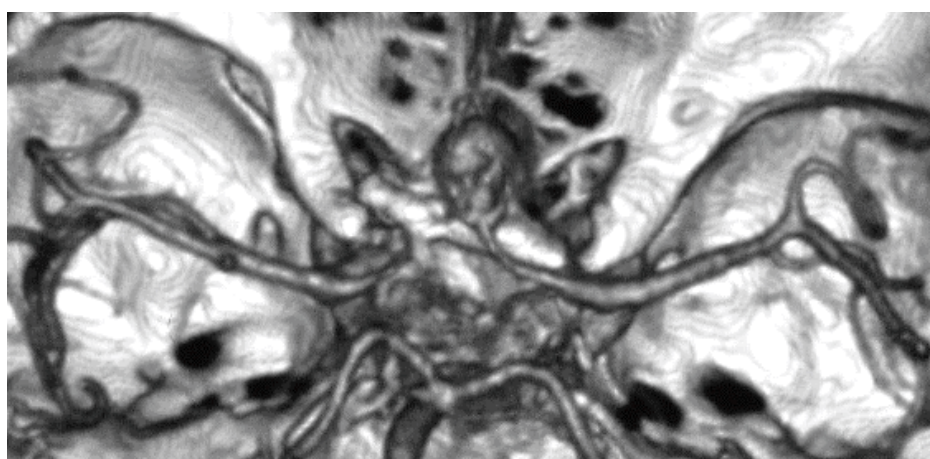


Рисунок 5.8 - Пациент П., 44 года. СКТ-АГ сосудов головного мозга от 15.03.2011 с визуализацией повторной резидуальной аневризмы ПСА (вид сзади). Обращает на себя внимание размер аневризмы

21.03.2011 в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проведена микрохирургическая операция клипирования аневризмы ПСА. Во время операции «старые» клипсы были поочередно извлечены, и при этом стало ясно, что они лежали на дивертикуле передней стенки аневризмы (Рисунок 5.9А). Также было отмечено, что тело аневризмы местами уплотнено, что указывало на ее частичное тромбирование. Шейка аневризмы клипирована с помощью двух фенестрированных клипс, при этом на изначально клипированный дивертикул передней стенки аневризмы установлена прямая мини-клипса (Рисунок 5.9Г). 31.03.2011 проведена контрольная ЦСА с верификацией радикального выключения аневризмы (Рисунок 5.10).

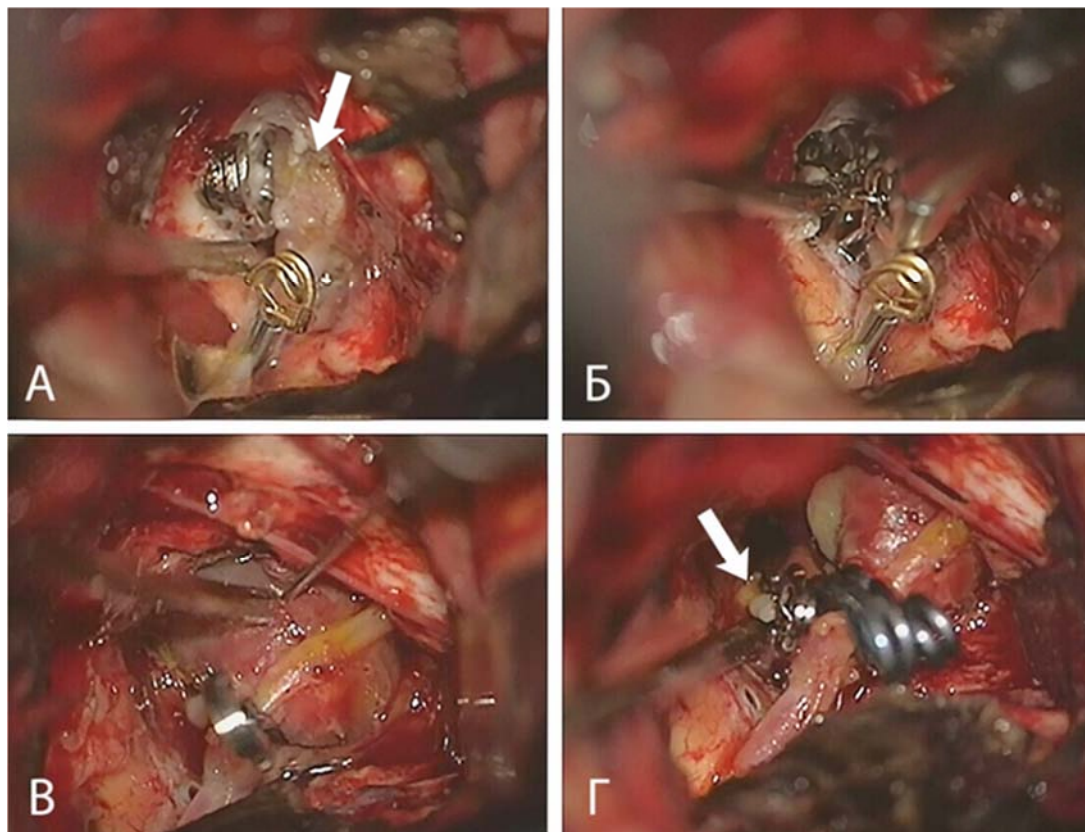


Рисунок 5.9 - Пациент П., 44 года. Интраоперационные этапы: А – визуализация «старых» клипс на дивертикуле и препарирование шейки аневризмы (белая стрелка), временная клипса располагается на А1 сегменте левой ПМА; Б – поочередное удаление «старых» клипс; В – проведено новое ревизионное клипирование шейки аневризмы, на фото момент пункции аневризмы для спадения ее стенок и визуализации задней стенки аневризмы; Г – окончательное клипирование шейки аневризмы с помощью двух фенестрированных клипс, первично клипированный дивертикул выключен с помощью прямой мини-клипсы (белая стрелка)

В данном случае повторный хирургический доступ был выполнен со стороны первичной операции, при этом была возможность снять ранее установленные клипсы. Таким образом, если радикальное выключение резидуальной аневризмы из кровотока предполагает снятие ранее установленных клипс, сторона хирургического доступа должна соответствовать доступу на первичной операции.

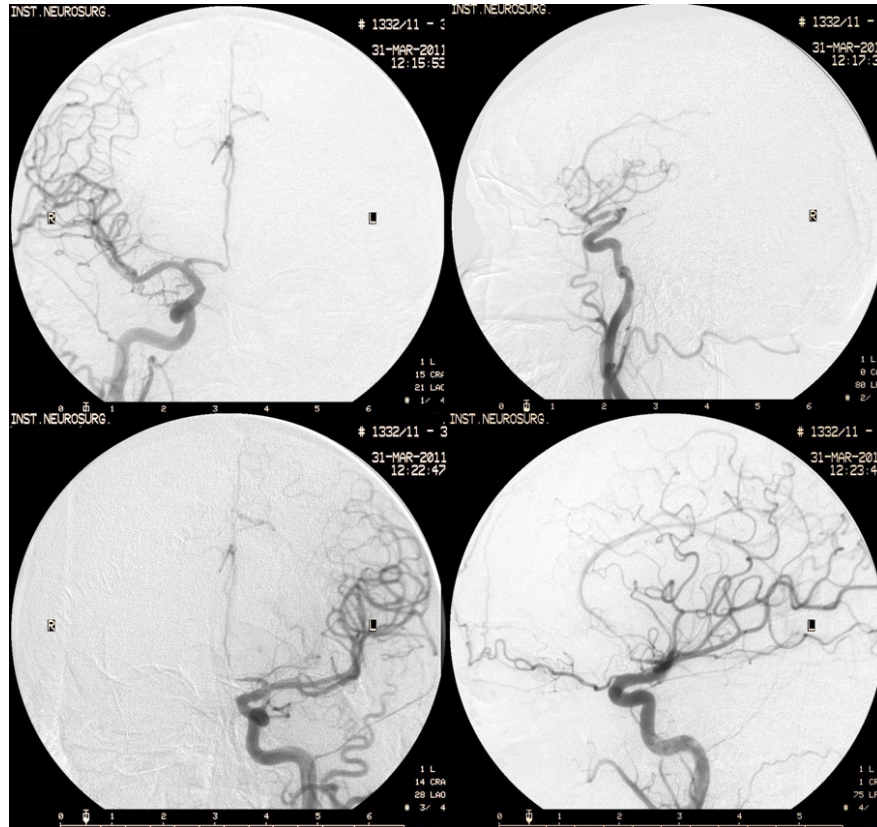


Рисунок 5.10 - Пациент П., 44 года. Контрольная ЦСА от 31.03.2011 с подтверждением полного выключения аневризмы ПСА

### Клиническое наблюдение №8

Пациентка У., 37 лет, поступила в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 26.08.2020 с целью микрохирургического лечения частично клипированной аневризмы передней соединительной артерии. Из анамнеза: 01.07.2020 пациентка перенесла САК с внутримозжечковым кровоизлиянием, при обследовании была обнаружена аневризма ПСА (Рисунок 5.11). По месту жительства 02.07.2020 была проведена операция микрохирургического клипирования аневризмы передней соединительной артерии справа с тривентрикулостомией. Часть аневризмы, недоступная для клипирования, была укреплена с помощью хирургической марли.



Рисунок 5.11. Пациентка У., 37 лет. ЦСА с 3D-реконструкцией от 01.07.2020: визуализирована аневризма ПСА (вид сзади и сбоку)

Пациентка перенесла серию генерализованных эпилептических приступов 21.07.2020, при этом на СКТ головы было верифицировано повторное кровоизлияние из аневризмы. На ЦСА от 04.08.20 визуализирована частично клипированная аневризма ПСА с дивертикулом в области дна (класс R4) (Рисунок 5.12).

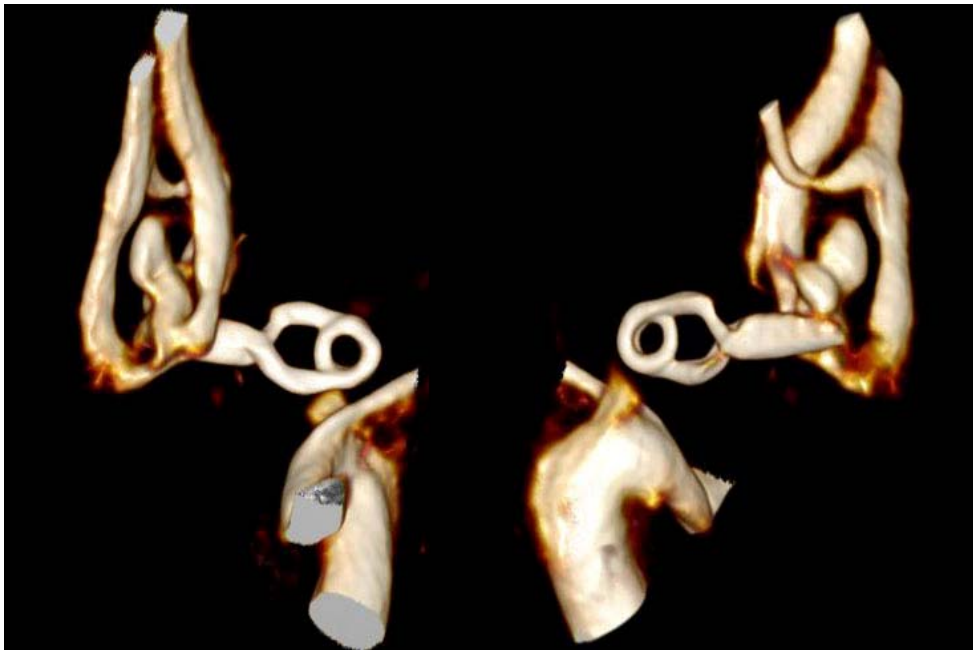


Рисунок 5.12 - Пациентка У., 37 лет. ЦСА с 3D-реконструкцией от 04.08.2020: визуализирована резидуальная аневризма ПСА (вид сзади и спереди)

26.08.2020 проведена операция микрохирургического клипирования резидуальной аневризмы ПСА справа. Интраоперационно в области передней стенки ПСА обнаружены сосудистая клипса и фрагмент хирургической марли с прошлой операции. Мешотчатая аневризма отходила от верхней стенки ПСА и частично дном уходила назад в межполушарную щель, размер резидуальной аневризмы составлял около 7 мм. Клипсу с передней стенки ПСА было решено не снимать ввиду выраженных адгезий на фоне дополнительно уложенной хирургической марли. На фоне временного клипирования правого А1 сегмента произведено выделение шейки аневризмы и ее клипирование прямой фенестрированной титановой клипсой таким образом, что бранши выключали шейку аневризмы, а в кольцо проходил А2 сегмент правой передней мозговой артерии. 31.08.2020 выполнена контрольная СКТ-АГ головного мозга, на которой подтверждено полное выключение аневризмы ПСА из кровотока (Рисунок 5.13).

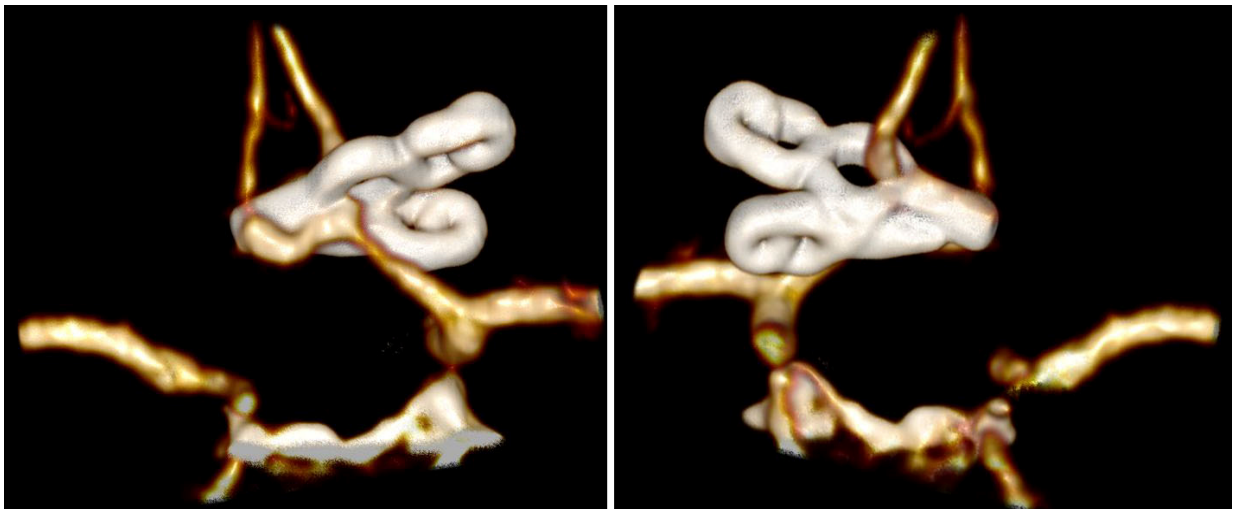


Рисунок 5.13 - Пациентка У., 37 лет. СКТ-АГ головы от 31.08.2020 с верификацией полного выключения аневризмы ПСА (вид сзади и спереди)

При анализе двух вышеописанных клинических случаев можно отметить тенденцию к использованию фенестрированных клипс для окончательного радикального клипирования резидуальной аневризмы. Это не случайность. Как по данным мировой литературы, так и по нашим наблюдениям, использование фенестрированных клипс (в особенности при принятии решения об оставлении «старых» клипс) обладает рядом преимуществ, так как позволяет «обходить»

клипсы с предыдущей операции без необходимости их удаления. Кроме этого, фенестрированные клипсы обладают большей степенью сжатия бранш клипсы ближе к концу бранш по сравнению с нефенестрированными клипсами, что позволяет более надежно выключить из кровотока труднодоступные участки стенки аневризмы. Использование фенестрированных клипс может быть полезным и при частично окклюзированных спиралями аневризмах, и это будет представлено в следующем разделе.

### **5.5 Особенности микрохирургического лечения ранее окклюзированных спиралями аневризм**

Микрохирургическое лечение ранее окклюзированных спиралями аневризм также является сложной хирургией и требует определенного хирургического опыта ввиду наличия внутри мешка аневризмы сосудистых спиралей.

Удаление спиралей из полости аневризмы на фоне временного треппинга является целесообразным хирургическим ходом, однако риск неблагоприятного исхода при выборе такой тактики может быть крайне высоким. Так же, как и со «старыми» сосудистыми клипсами, в хирургии ранее окклюзированных аневризм необходимо принимать во внимание сроки после предыдущей операции и степень интеграции спиралей в структуру сосудистой стенки. По нашим наблюдениям и по данным мировой литературы, уже спустя 1 месяц после операции можно наблюдать фибротические изменения в сосудистой стенке, прилежащей к спиралям.

Как правило, решение в пользу удаления спиралей принимается при их наличии в области шейки аневризмы. Однако, если хирургом все же принято решение об удалении спиралей, то, даже в случае их нахождения в области шейки, мы рекомендуем вскрытие аневризмы на отдалении от шейки с сохранением достаточной для клипирования части шейки аневризмы (Рисунок 5.14).





Рисунок 5.14 - Вскрытие полости частично окклюзированной спиралью аневризмы с целью удаления витков спиралей из шейки аневризмы перед ее клипированием. Голубыми линиями отмечены рекомендуемые области разреза мешка аневризмы. Розовой линией отмечена опасная зона для разреза стенки аневризмы

При удалении спиралей неопытный хирург может «потянуть» спираль с целью ее одномоментного цельного удаления. Такая тактика является ошибочной и рискованной, так как часть спирали может быть сращена с сосудистой стенкой и при попытке ее отделения может произойти надрыв стенки аневризмы или даже стенки несущего сосуда. Приемлемой хирургической тактикой в таком случае может являться «фрагментирование» клубка спиралей с помощью грубых микрососудистых ножниц, при этом стоит отметить, что современные внутрисосудистые спирали гораздо мягче и податливее, чем их предшественники.

Важно помнить, что удаление всех внутрисосудистых спиралей является небезопасным и цель их удаления заключается только в улучшении условий клипирования. В нашей серии пациентов среди случаев с ранее окклюзированными спиралью аневризмами удаление спиралей было произведено в 11 случаях (35,5%), в остальных 20 случаях (64,5%) хирург воздержался от их удаления из полости аневризмы.

Несмотря на вышесказанное, взвешивая риски удаления спиралей, хирургу необходимо понимать, что не удаленная спираль в области шейки аневризмы

способна в дальнейшем создать не меньшую проблему, чем попытки ее удаления. Оставленная в области шейки спираль, как правило, мешает смыканию банш сосудистой клипсы, а также может смещаться в просвет прилежащего сосуда или стенозировать его просвет, что является крайне опасным с точки зрения тромбообразования. Ввиду этих особенностей крайне важно предоперационно понимать расположение витков внутрисосудистых спиралей для предварительного понимания необходимости их удаления.

Некоторые детали технических сложностей микрохирургии ранее окклюзированных спиральями аневризм иллюстрированы в наблюдении, представленном ниже.

### **Клиническое наблюдение №9**

Пациент Н., 39 лет, поступил в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко 01.04.2020 с целью микрохирургического лечения частично окклюзированной спиральями аневризмы СМА.

Из анамнеза: в августе 2020 года пациент перенес эпизод головокружения с потерей сознания и сильными головными болями в течение двух недель. При обследовании по месту жительства на ЦСА была выявлена мешотчатая аневризма бифуркации левой СМА (Рисунок 5.15А-Б). Пациент оперирован эндоваскулярным методом 22.09.2020 – произведена окклюзия аневризмы левой СМА с помощью спиралей.

В декабре 2020 года пациент перенес эпизод речевых нарушений и слабости в правых конечностях с головными болями в течение двух недель. Отметим, что наличие спиралей в частично окклюзированной мешке аневризмы является тромбогенным фактором и возможной причиной преходящего нарушения мозгового кровообращения.

При ЦСА от 03.03.2021 визуализируется резидуальная мешотчатая аневризма бифуркации левой СМА (по классификации Raymond-Roy II, по принятой в отделении классификации класс R3) (Рисунок 5.15, В-Г).

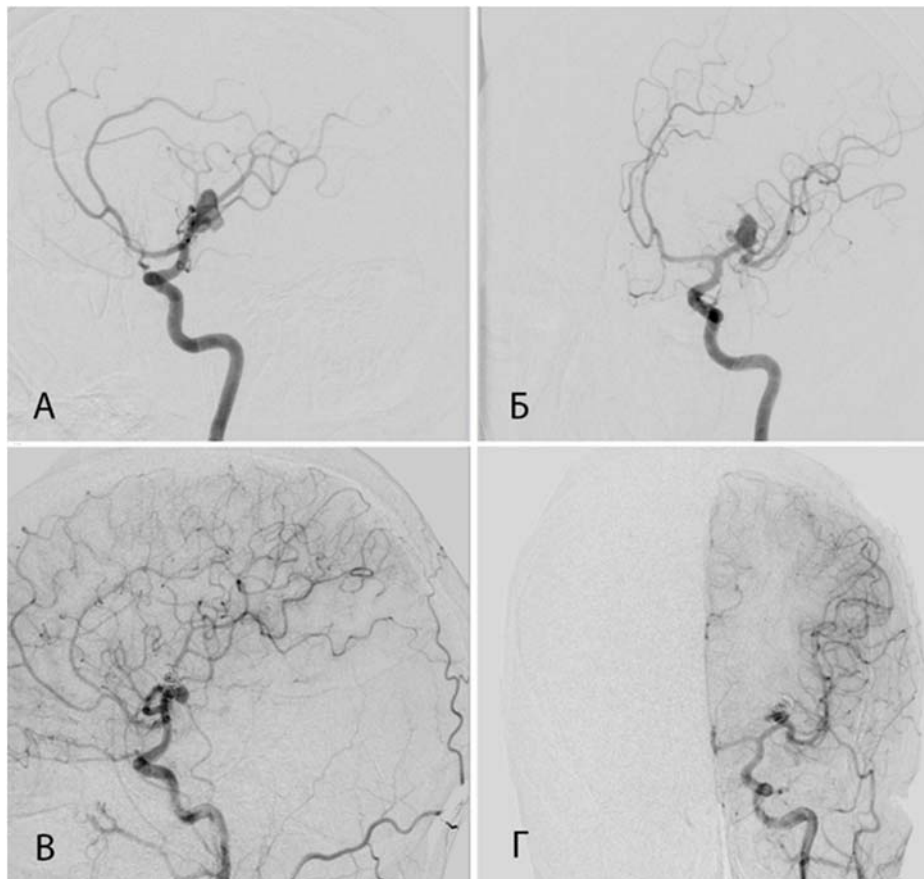


Рисунок 5.15 - Пациент Н., 39 лет. А, Б – ЦСА от 16.09.2020 с визуализацией аневризмы бифуркации левой СМА; В, Г – ЦСА от 03.03.2021 с визуализацией резидуальной аневризмы левой СМА

06.04.2021 в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проведена операция микрохирургического клипирования частично окклюзированной спиралью аневризмы бифуркации левой СМА. При этом, интраоперационно отмечались атеросклеротически измененные сосудистые стенки; спирали отчетливо визуализировались только на дне аневризмы и не были удалены. Аневризма была выключена двумя прямыми титановыми стандартными сосудистыми клипсами. Кровоток в обоих М2-сегментах левой СМА при ультразвуковой контактной доплерографии оставался удовлетворительным (25 см/с и 50 см/с). Операция длилась около 5 часов и завершилась в 14:00.

Около 16:00 в день операции после пробуждения у пациента отмечается постепенное появление правостороннего гемипареза до 3х баллов и нарастание моторной афазии (сразу после пробуждения – без неврологического дефицита, было заметно его нарастание «на глазах»). Выполнена КТ головы в экстренном

порядке, которая не выявила видимых послеоперационных осложнений. Проведена экстренная ЦСА с целью визуализации магистральных артерий в зоне оперативного вмешательства. На полученных ангиограммах определяется выраженный стеноз перехода М1 в М2 сегмент левой СМА, отсутствие контрастирования лобной ветви М2 сегмента левой СМА, при этом отмечается выпадение части спиралей в область бифуркации левой СМА. Аневризма левой СМА не контрастируется (Рисунки 5.16 и 5.17В). Принято решение о проведении экстренного повторного микрохирургического вмешательства с целью ревизии, репозиции установленных ранее клипс и возможной реканализации М2 ветви левой СМА.

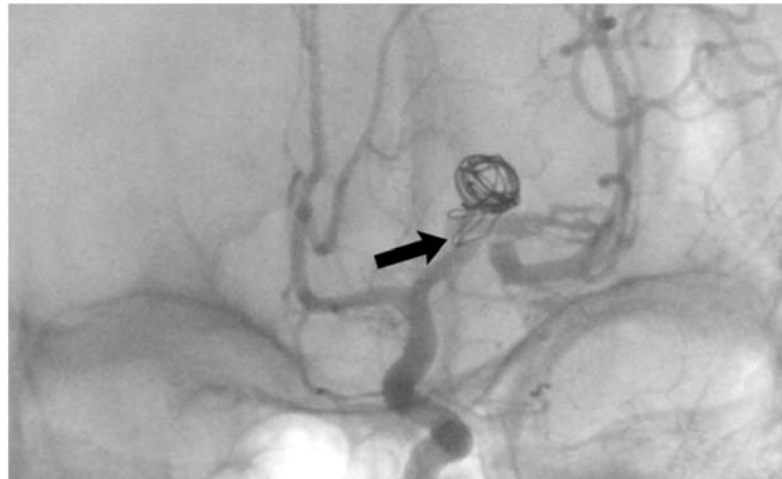


Рисунок 5.16 - Пациент Н., 39 лет. Экстренная ЦСА (3D) 05.04.2021 сразу после операции клипирования аневризмы – визуализирован стеноз перехода М1 в М2-сегмент левой СМА, отсутствие контрастирования лобной ветви М2-сегмента, выпадение части спиралей в область бифуркации левой СМА (черная стрелка)



Рисунок 5.17 - Пациент Н., 39 лет. Сравнительная динамика ЦСА при выполнении манипуляций на аневризме левой СМА: А – первоначальная ЦСА; Б – ЦСА после окклюзии аневризмы спиральями; В – ЦСА (3D) после микрохирургического клипирования резидуальной аневризмы. Черная стрелка указывает на лобный М2-сегмент левой СМА, который после клипирования аневризмы не контрастируется; белая стрелка указывает на 2 сосудистые прямые клипсы

Пациент в этот же день 06.04.2021 повторно взят в операционную, выполнена ревизия операционной раны, при этом отмечено, что сосудистые клипсы визуально расположены на шейке аневризмы и не смещены. Однако, при ультразвуковой контактной доплерографии кровотоков в лобной М2 ветви СМА не определяется. Проксимальная клипса удалена, и лобная М2 ветвь хорошо расправилась и запульсировала, линейная скорость кровотока составляла 20 см/с. Попытки клипирования аневризмы более дистально, через тело аневризмы, разными по конфигурации сосудистыми клипсами успеха не имели – кровотоков в лобной М2 ветви прекращался. После очередной попытки выключения аневризмы отмечено уменьшение ЛСК и признаки тромбоза лобной ветви СМА. Обе клипсы с аневризмы были удалены. На фоне временного выключения М1-сегмента и теменно-височного М2-сегмента СМА в просвет тромбированной артерии с помощью инсулиновой иглы введен тромболитический препарат (Пуролаза). Постепенно было отмечено восстановление кровотока до 40-50 см/с. Далее была предпринята попытка клипирования аневризмы через тело с одномоментным мониторингом скорости кровотока, но уже при небольшом смыкании брашс кровотоков полностью прекращался. Таким образом, внутрисосудистый тромб, сформированный на выпавших в просвет бифуркации СМА спиралях (рисунки 5.16 и 5.18), при попытке клипирования смещался и закрывал лобный М2-сегмент.

В сложившихся условиях выполнить клипирование аневризмы не представлялось возможным. Учитывая длительный период окклюзии СМА, фибринолиз и длительный срок после эндоваскулярной операции, было решено отказаться от вскрытия аневризмы и удаления спиралей. Видимая стенка аневризмы была дополнительно укреплена гемостатическими материалами.

На момент выписки 14.04.2021 на фоне приема антиагрегантной терапии у пациента отмечался полный регресс правостороннего гемипареза и афатических нарушений. Совместно с нейрохирургами эндоваскулярного отделения было принято решение об установке потокоперенаправляющего стента в плановом порядке.

03.06.2021 проведена эндоваскулярная установка потокоперенаправляющего

стента Silk 3x20 на уровне аневризмы бифуркации левой СМА (Рисунок 5.18Б-В). Интраоперационная контрольная ЦСА показала правильное положение и полное раскрытие стента, контрастное вещество длительно задерживалось в аневризме (Рисунок 5.18В).

Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга в режиме подавления артефактов от металла от 02.12.2021 верифицировала радикальное выключение аневризмы из кровотока (Рисунок 5.19). Неврологической очаговой симптоматики в послеоперационном периоде у пациента не выявляется.

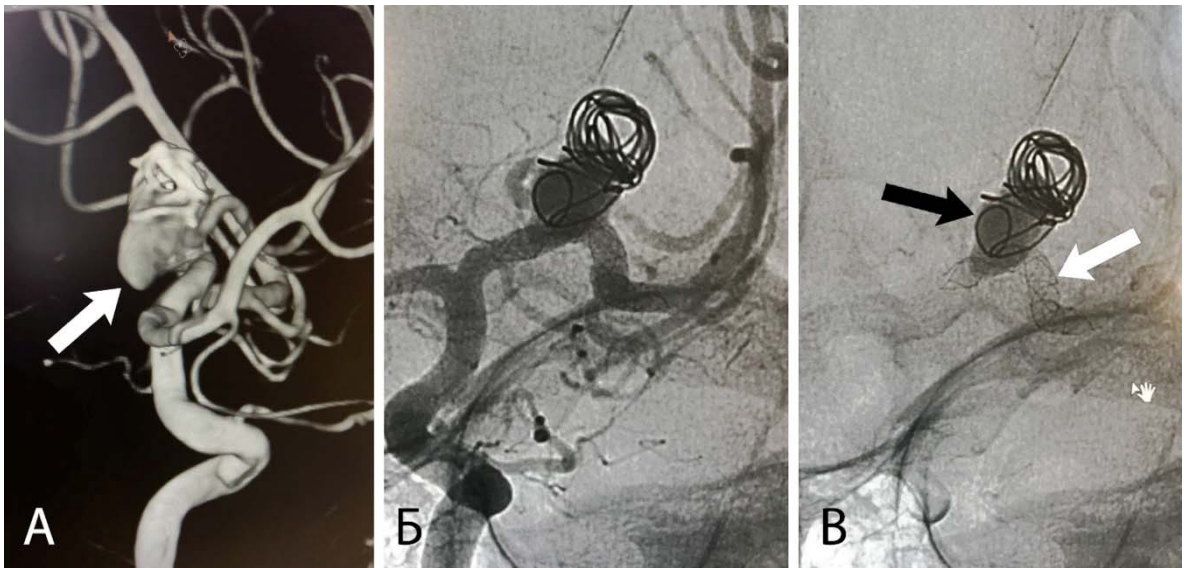


Рисунок 5.18 - Пациент Н., 39 лет. Интраоперационная ЦСА: А – 3D-ротационная ЦСА, белой стрелкой указана резидуальная аневризма; Б – ЦСА после установки потокоперенаправляющего стента; В – визуализация расположения потокоперенаправляющего стента (белая стрелка) с явлением задержки контраста в полости аневризмы (черная стрелка)

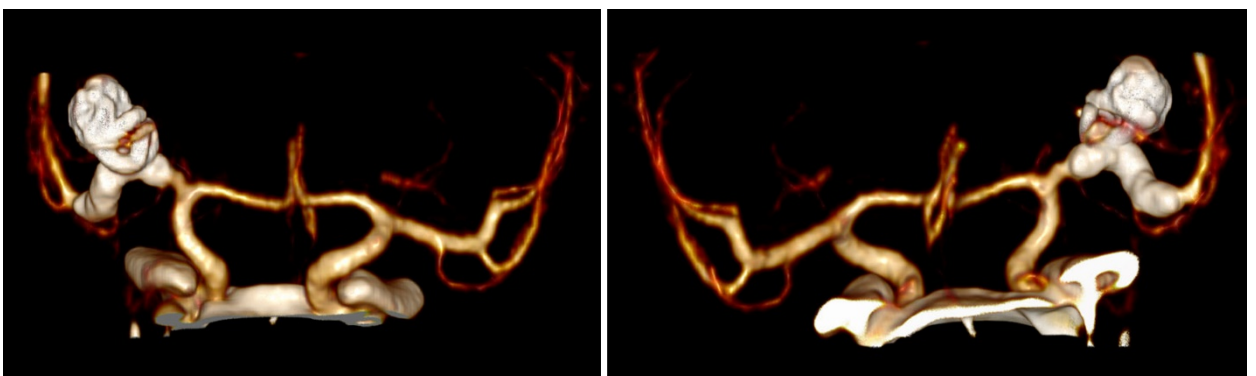


Рисунок 5.19 - Пациент Н., 39 лет. Контрольная СКТ-АГ сосудов головного мозга от 02.12.2021 (вид сзади и спереди). Визуализировано положение потокоперенаправляющего стента, заполнение обоих М2-сегментов, отсутствие контрастирования аневризмы

Другой особенностью микрохирургии частично окклюзированных спиралью аневризм является истончение и деградация сосудистой стенки с последующей экструзией спиралей (т.е. выпадением витков спиралей за пределы сосудистой стенки «по типу пролежня»). Подробно о возможных причинах экструзии спиралей описано в разделе 1.3.6. В мировой литературе заподозренная на диагностическом этапе экструзия спиралей может влиять на выбор повторной хирургии в пользу микрохирургического вмешательства, однако на практике диагностировать истинную экструзию спиралей довольно проблематично. Достоверно диагностировать экструзию удается только во время микрохирургического вмешательства. Интраоперационно экструзия спиралей в нашей серии наблюдалась в 7 случаях (22,6%). Пример явления экструзии представлен на рисунке 5.20.

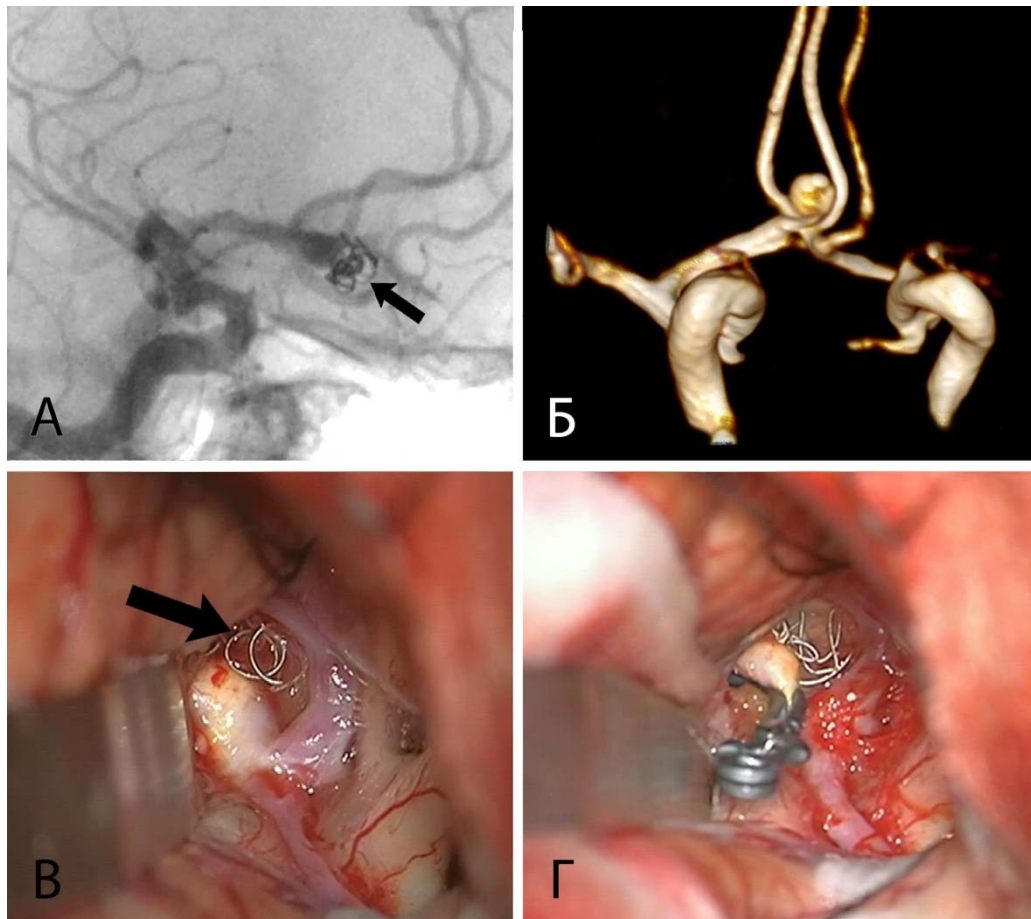


Рисунок 5.20 - Пациентка Т., 55 лет. Аневризма ПСА: А – ЦСА с визуализацией резидуальной аневризмы и рыхло расположенных спиралей (черная стрелка); Б – МРА с визуализацией резидуальной аневризмы без спиралей (вид спереди); В – интраоперационная визуализация экструзии спиралей (черная стрелка); Г – окончательное клипирование шейки аневризмы

Как мы указывали выше, фенестрированные клипсы могут быть использованы в хирургии частично окклюзированных спиралями аневризм, так как с их помощью возможен «обход» витков спиралей в области шейки, если было принято решение их не удалять.

### **5.6 Результаты микрохирургического лечения резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм**

Для определения типа аневризмы (резидуальная или рекуррентная) в анализируемом материале ввиду отсутствия контрольной ангиографии в раннем послеоперационном периоде у большинства пациентов мы принимали во внимание следующие параметры: протокол первичной операции, первичное интраоперационное видео, период САК при первичной эндоваскулярной операции (объясняло первичную рыхлую окклюзию и, следовательно, резидуальную аневризму). Ограничением в нашем исследовании являлся тот факт, что первичная операция была проведена в иных учреждениях нашей страны у 43 пациентов (53.8%), что в большинстве случаев затрудняло анализ генеза аневризмы. Кроме того, интраоперационное видео первичной операции имелось у малого количества пациентов, а протокол операции – достаточно субъективный параметр оценки радикальности выключения аневризмы.

Среди 80 пациентов распределение по типу аневризмы оказалось следующим: у 66 (82,5%) - резидуальная аневризма по данным большинства параметров (контрольная ангиография в раннем послеоперационном периоде, описание остатка аневризмы в протоколах операции или выписном эпикризе, острый период САК при эндоваскулярной окклюзии аневризмы); у 14 (17,5%) - оценка типа аневризмы была затруднена ввиду недостаточных входящих данных и невыполнения контрольной ангиографии в раннем послеоперационном периоде. Однако при более глубоком анализе (поиск первичного интраоперационного видео, сравнение ангиографий до всех операций с морфологией и типом остаточной аневризмы) мы пришли к выводу, что все 14 случаев можно отнести так же к резидуальным аневризмам.



Таким образом, истинно рекуррентных аневризм в нашем материале не наблюдалось. Сомнительные случаи, когда мы подозревали рекуррентную аневризму, но далее исключили ее, включали в себя изначально эксцентрично-фузиформные аневризмы (на первичной операции клипирована только эксцентричная часть с визуализируемым небольшим остатком на стыке с неэксцентричной частью, которая в дальнейшем «вырастает» в аневризму), а также случаи с «ростом» резидуальной части аневризмы (при внимательном анализе первой контрольной ангиографии заметно наличие небольшого еле визуализированного остатка).

Учитывая вышесказанное, возможно, что рекуррентные аневризмы являются результатом недостаточной или несвоевременной диагностики, а также первоначальной неправильной трактовки типа аневризмы (как у эксцентрично-фузиформных аневризм).

Распределение исследуемых аневризм по категориям используемой в работе классификации радикальности выключения оказалось следующим: степень радикальности выключения аневризмы R2 была выявлена у 9 (11,25%) пациентов, степень R3 выявлена у 32 (40%) пациентов, степень R4 оказалась у 29 (36,25%) пациентов, и у 10 (12,5%) пациентов было выявлено отсутствие выключения аневризмы с полным контрастированием дна аневризмы (степень R5). Среди фузиформных аневризм (n=2) в анализе были только пациенты с категорией FR3.

В отдельных случаях (n=2) после микрохирургической операции сосудистая клипса была визуализирована вне области аневризмы (без контакта с шейкой или телом аневризмы).

Среди морфологических параметров исходной аневризмы мы оценивали следующие: размер аневризмы, высота купола аневризмы, ширина шейки, ширина дна, наличие перфорантных артерий в анатомии аневризмы, устье артерий в анатомии шейки аневризмы, дивертикул аневризмы, наличие атеросклеротических бляшек и тромбов в стенке аневризмы (Таблицы 5.5 и 5.6).

Таблица 5.5 - Морфологические параметры аневризмы по соотношению ее размеров

Параметр	Наличие	Абсолютно (%)
Перфорантные артерии	Да	10 (13,2%)
	Нет	66 (86,8%)
Устье артерий в анатомии шейки аневризмы	Да	17 (22,4%)
	Нет	59 (77,6%)
Атеросклеротические бляшки	Да	5 (6,8%)
	Нет	68 (93,2%)
Дивертикулы	Да	29 (39,2%)
	Нет	45 (60,8%)
Внутриполостные тромбы	Да	5 (6,8%)
	Нет	69 (93,2%)

Таблица 5.6 - Морфологические параметры аневризмы (дополнительные характеристики)

Параметр	Среднее значение $\pm$ стандартное отклонение
Размер аневризмы	11,72 $\pm$ 6,00
Высота купола аневризмы	11,05 $\pm$ 5,73
Ширина шейки аневризмы	8,04 $\pm$ 7,95
Ширина дна аневризмы	7,98 $\pm$ 4,27

Также мы анализировали производителей используемых сосудистых клипс и их количество на первичной и повторной операции. Эти параметры могли быть анализированы не у всех пациентов, поэтому распределение количества пациентов в анализе различается.

Результаты многомерного анализа для оценки взаимосвязи между исходом (радикальность выключения аневризмы) и предикторами (факторы риска неполного выключения) с описанием достоверно значимых факторов представлены в главе 3.

Из сопутствующих заболеваний оценивался только параметр наличия гипертонической болезни, при этом она наблюдалась у 50 пациентов (64,1%) на момент проведения первичной операции и у 53 пациентов (66,2%) на момент проведения повторной операции.

При оценке влияния параметров на риск кровоизлияния из резидуальной аневризмы было установлено, что достоверное повышение риска кровоизлияния

отмечалось при наличии следующих факторов: гипертоническая болезнь пациента ( $p=0,022$ ), женский пол пациента ( $p=0,028$ ), локализация аневризмы на ВСА (особенно супраклиноидная локализация) или СМА ( $p=0,008$ ), интраоперационный разрыв на первичной операции ( $p=0,036$ ). Наличие САК на момент первичной операции не показало достоверного влияния на риск кровоизлияния из резидуальной аневризмы ( $p=1,000$ ). Распределение САК из резидуальной аневризмы по локализации аневризмы показано на таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Распределение САК из резидуальной аневризмы по локализации

Локализация		Без САК (n (%))	САК (n (%))
ПСА		30 (55,6%)	6 (23,1%)
СМА		14 (25,9%)	10 (38,5%)
ВСА	Бифуркации	1 (1,9%)	1 (3,8%)
	Супраклиноидная	3 (5,6%)	6 (23,1%)
	Параклиноидная	0 (0,0%)	1 (3,8%)
Перикаллезная артерия		2 (3,7%)	1 (3,8%)
Задняя нижняя мозжечковая артерия		2 (3,7%)	1 (3,8%)
Базиллярная артерия		2 (3,7%)	0 (0,0%)
Всего		54 (100%)	26 (100%)

Также нам удалось выявить, что размер и категория резидуальной части аневризмы в группе с первичным микрохирургическим лечением достоверно превосходит размеры резидуальной части аневризмы в группе с первичным эндоваскулярным лечением ( $p=0,004$  для размера и  $p=0,001$  для категории, таблица 5.8).

Таблица 5.8 - Распределение категорий резидуальной аневризмы в зависимости от первичного метода лечения аневризмы ( $p=0,001$ )

Категория резидуальной аневризмы	Микрохирургический метод (n (%))	Эндоваскулярный метод (n (%))
R2	5 (10,2%)	4 (12,9%)
R3	12 (24,5%)	20 (64,5%)
R4	22 (44,9%)	7 (22,6%)
R5	10 (20,4%)	0 (0,0%)
Всего	49 (100%)	31 (100%)

Радикальное выключение аневризмы после повторной операции было достигнуто у 70 (87,5%) пациентов. У 10 (12,5%) пациентов тотального выключения достигнуть не удалось. Эта цифра явно больше, чем процент радикального выключения при первичной микрохирургической операции на аневризме, который равен 5,1% по проведенному ранее анализу. Этот факт может быть следствием более сложной анатомии и хирургии резидуальных аневризм.

При анализе неполного выключения аневризмы после повторной операции (n=10) можно проследить тенденцию неполного клипирования у пациентов с тяжелым состоянием (Hunt-Hess IV-V), с аневризмами заднего отдела Виллизиева круга, а также у пациентов в острейшем периоде САК, когда повторная операция выполнялась с целью остановки продолжающегося кровотечения (например, у пациентов с экстравазацией на эндоваскулярной операции или тяжелым повторным САК после первичной операции клипирования аневризмы). При оценке статистической значимости различий в распределениях переменных на повторной операции отмечается достоверно менее радикальное выключение аневризмы из кровотока среди аневризм заднего отдела Виллизиева круга ( $p=0,011$ ) (Таблица 5.9).

Таблица 5.9 - Оценка степени полноты выключения аневризмы из кровотока на повторной операции в зависимости от локализации аневризмы ( $p=0,011$ )

Локализация		Полное выключение (n (%))	Неполное выключение (n (%))
ПСА		33 (47,1%)	3 (30,0%)
СМА		21 (30,0%)	3 (30,0%)
ВСА	Бифуркации	2 (2,9%)	0 (0,0%)
	Супраклиноидная	9 (12,9%)	0 (0,0%)
	Параклиноидная	1 (1,4%)	0 (0,0%)
Перикаллезная артерия		2 (2,9%)	1 (10,0%)
Задняя нижняя мозжечковая артерия		2 (2,8%)	1 (10,0%)
Базиллярная артерия		0 (0,0%)	2 (20,0%)
Всего		70 (100%)	10 (100%)

Дальнейшей тактикой лечения у таких пациентов в большинстве случаев была смена метода хирургического вмешательства, если позволяла тяжесть их состояния.

Неврологические исходы микрохирургического лечения резидуальных аневризм по шкале исходов Глазго (ШИГ) и модифицированной шкале Рэнкин (МШР) на момент выписки из стационара представлены в таблицах 5.10 и 5.11 соответственно.

Таблица 5.10 - Неврологические исходы пациентов на момент выписки после микрохирургического лечения резидуальной аневризмы по ШИГ

ШИГ	1	2	3	4	5	Всего
Абс. (%)	4 (5,0%)	4 (5,0%)	5 (6,2%)	13 (16,2%)	54 (67,5%)	80 (100%)

Таблица 5.11 - Неврологические исходы пациентов на момент выписки после микрохирургического лечения резидуальной аневризмы по МШР

МШР	0	1	2	3	4	5	6	Всего
Абс. (%)	49 (61,3%)	8 (10,0%)	8 (10,0%)	2 (2,5%)	2 (2,5%)	7 (8,8%)	4 (5,0%)	80 (100%)

Прослеживается зависимость степени выключения резидуальной аневризмы с уровнем неврологического статуса на момент выписки – неполное выключение резидуальной аневризмы достоверно связано с менее благоприятным исходом ( $p=0,008$  при оценке исходов по ШИГ и  $p=0,018$  при оценке исходов по МШР).

## Заключение

Микрохирургическое лечение резидуальных и рекуррентных церебральных аневризм является сложной и многогранной проблемой, требующей дальнейших исследований. Несмотря на быстрый прогресс как в нейрохирургии, так и в нейровизуализации, на данный момент ни один из существующих хирургических методов исключения аневризмы из кровотока не может полностью гарантировать радикальное и стабильное излечение пациента. В связи с этим возникает необходимость оптимизации индивидуального подхода к тактике ведения церебральных аневризм как до операции, так и после нее.

В нашем исследовании проведен ретроспективный анализ результатов обследования и лечения 80 пациентов (52 мужчин и 28 женщин) в возрасте от 6 до 74 лет с резидуальными и рекуррентными аневризмами, которые были пролечены микрохирургическим способом с 2009 по 2022 гг. на базе 3 нейрохирургического отделения (сосудистая нейрохирургия) НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.

По локализации наиболее часто встречаемыми являлись аневризмы ПСА (45%), а самой часто встречаемой исходной конфигурацией аневризмы являлась аневризма средних размеров (60,5%) и мешотчатой формы (76,2%). Микрохирургический метод вмешательства при первичной операции был использован в 61,3%, эндоваскулярный метод (только спирали) – в 38,8% случаев.

При анализе причин первичного выявления исследуемых аневризм САК было отмечено у 63 пациентов (78,8%), на момент повторного вмешательства на аневризме кровоизлияние из резидуальной аневризмы являлось причиной повторной диагностики у 26 пациентов (32,5%). У 20 из 26 пациентов (76,9%) САК был отмечен как при первичной, так и при повторной операции. У 6 (23,1%) пациентов с САК из резидуальной аневризмы до первичной операции кровоизлияния из нее не отмечалось.

В 54 случаях (67,5%) аневризма была обнаружена в результате контрольного

ангиографического исследования, сроки выполнения которого варьировали от 0 суток до 23 лет (медиана 329 суток).

При этом, у пациентов с резидуальными аневризмами заметно чаще встречаются внутримозговые гематомы и внутрижелудочковые кровоизлияния (4 степень по шкале Fisher 4) по сравнению с первичной операцией (80,8% против с 6,0% соответственно), кроме того, эта тенденция наиболее достоверно прослеживается при первичном применении микрохирургического метода лечения аневризмы ( $p=0,05$ ). Этот факт может объясняться наличием спаечного процесса и возможной облитерацией субарахноидальных цистерн в результате микрохирургического вмешательства.

Для оценки возможных факторов риска неполного выключения аневризмы из кровотока был проведен дополнительный анализ 1600 пациентов (1463 с радикальным выключением аневризмы, 137 – с резидуальной аневризмой) с ранее проведенным лечением аневризмы в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, как микрохирургическим, так и эндоваскулярным методом.

На основе многофакторного анализа, псевдорандомизации и создания логистических моделей мы установили, что достоверно значимыми факторами риска неполного выключения аневризмы из кровотока являются: супраклиноидная локализация аневризмы, ее эксцентрично-фузиформная форма, наличие дивертикула, крупный и гигантский размер аневризмы, эндоваскулярный метод лечения аневризмы, САК из аневризмы, а также мужской пол пациента. При этом, достоверное повышение шансов неполного выключения аневризмы у пациентов, оперированных эндоваскулярным методом (только спирали), наблюдалось как у пациентов в остром периоде САК, так и у пациентов без разрыва или в холодном периоде САК.

Анализируя возможные дополнительные причины неполного выключения аневризмы из кровотока, мы также хотели бы остановиться на тщательном предоперационном планировании некоторых интраоперационных особенностей первичной операции. Помимо выбора метода хирургического вмешательства, до операции необходимо досконально визуализировать и изучить анатомию

аневризмы, представлять поэтапный план действий, определить тактику подхода к аневризме, в том числе и латерализацию трепанационного доступа при множественных аневризмах. Применение контралатерального доступа связано с необходимостью тщательного отбора пациентов, и он может быть рассмотрен для применения при билатеральных параклиноидных аневризмах, смещающих зрительный нерв латерально (медиальное расположение аневризмы), а также при аневризмах бифуркации СМА с коротким М1 сегментом и куполом, направленным вперед и вверх (в случае множественных аневризм).

Из интраоперационных особенностей первичной операции мы выделяем интраоперационный разрыв аневризмы и методы интраоперационного контроля радикальности ее выключения. Интенсивное кровотечение, вызванное интраоперационным разрывом, может значительно ухудшать визуализацию аневризмы, что может привести как к ее нерадикальному выключению, так и к закрытию бранш клипсы на важных окружающих анатомических структурах, а остановка кровотечения непосредственно после клипирования может быть неверно воспринята хирургом как радикальное выключение аневризмы. При статистическом анализе была выявлена прямая ассоциация факта интраоперационного разрыва при первичной операции с проявлением резидуальной аневризмы в виде САК ( $p=0,036$ ).

Основными интраоперационными методами контроля в микрохирургии аневризм считаются пункция аневризмы и флуоресцентная видеоангиография, однако пункция и релаксация аневризмы без признаков кровотечения не является доказательством тотального выключения аневризмы из кровотока – другие камеры аневризмы или часть ее шейки могут продолжать заполняться, а при флуоресцентной видеоангиографии область интереса может быть скрыта сосудистой клипсой, мозговым веществом или может искажаться из-за плотных структур (бляшки, спайки и др.), что в ряде случаев ограничивает диагностическую способность этого метода и приводит к ложноотрицательному результату.

При рассмотрении значимости и вариабельности сосудистой визуализации в послеоперационной оценке выключения аневризмы из кровотока мы



анализировали 3 основных метода инструментальной диагностики: ЦСА, СКТ-АГ и МРА. Среди нашей серии анализируемых пациентов резидуальная аневризма диагностирована с помощью ЦСА в 61,7% случаев, СКТ-АГ в 36,2%, МРА в 2,1%.

Идеальным методом инструментальной диагностики для оценки радикальности выключения аневризмы из кровотока остается 3D-ротационная ЦСА, однако, выполнять ее всем пациентам после микрохирургического лечения аневризмы нецелесообразно ввиду рисков манипуляции и ее высокой стоимости. Исходя из анализа преимуществ и недостатков всех трех методов диагностики, мы предлагаем следующий алгоритм выбора метода скрининга ранее оперированных аневризм: МРА – для скрининга пациентов с окклюзированными спиралями аневризмами, СКТ-АГ – для скрининга пациентов с установленными титановыми сосудистыми клипсами, ЦСА – для скрининга пациентов с установленными нетитановыми сосудистыми клипсами (перед выполнением ЦСА возможно применение СКТ-АГ для оценки степени выраженности артефактов от металла, при невыраженных артефактах (А1 степени) возможен дальнейший скрининг с помощью СКТ-АГ).

Распределение по типу аневризмы оказалось следующим: 66 (82,5%) пациентов имели резидуальную аневризму (по данным контрольной ангиографии в раннем послеоперационном периоде, описанию остатка аневризмы в протоколах операции или выписном эпикризе, острому периоду САК при эндоваскулярной окклюзии аневризмы), и у 14 (17,5%) пациентов оценка типа аневризмы была затруднена ввиду недостаточных входящих данных и невыполнения контрольной ангиографии в раннем послеоперационном периоде. При дальнейшем поиске первичного интраоперационного видео, сравнении ангиографий до всех операций с морфологией и типом остаточной аневризмы мы пришли к выводу, что все 14 случаев можно отнести так же к резидуальным аневризмам. Таким образом, мы не наблюдали истинно рекуррентных аневризм в нашей серии пациентов, и, возможно, что рекуррентные аневризмы являются результатом недостаточной или несвоевременной диагностики, а также первоначальной неправильной трактовки типа аневризмы (как у эксцентрично-фузиформных аневризм).

Степень полноты выключения как мешотчатых, так и фузиформных аневризм мы определяли с помощью созданных в отделении соответствующих классификаций радикальности выключения аневризмы из кровотока. По нашему мнению, существующие до этого классификации в мировой литературе были недостаточно информативными и не содержали четких критериев определения степеней радикальности, особенно при фузиформных аневризмах. Распределение исследуемых аневризм по категориям оказалось следующим: степень R2 – 9 (11,25%) пациентов, степень R3 – 32 (40,0%) пациентов, степень R4 – 29 (36,25%) пациентов, и у 10 (12,5%) пациентов была выявлена степень R5. Среди фузиформных аневризм, которых было всего две в анализе, наблюдалась категория радикальности FR3.

У 10 (12,5%) пациентов тотального выключения на повторной операции достигнуть не удалось. Учитывая, что процент радикального выключения при первичной микрохирургической операции на аневризме равен 5,1%, можно сделать вывод, что хирургия резидуальных аневризм является гораздо более комплексной и непредсказуемой, чем хирургия первично оперированных аневризм. Также мы отметили достоверно менее радикальное выключение аневризмы из кровотока при повторной операции среди аневризм заднего отдела Виллизиева круга ( $p=0,011$ ).

При определении показаний к повторному хирургическому лечению резидуальных и рекуррентных аневризм мы установили, что абсолютным показанием к повторной операции является наличие хотя бы одного из нижеперечисленных факторов: категория резидуальной/рекуррентной аневризмы R3 – R5 (FR3 – FR4 для фузиформных аневризм), кровоизлияние из резидуальной/рекуррентной аневризмы (вне зависимости от ее категории) и рост резидуальной/рекуррентной аневризмы.

Выбор метода повторного вмешательства был основан на различных параметрах, и основными параметрами для выбора микрохирургического метода являлись локализация аневризмы (передний отдел Виллизиева круга дистальнее офтальмического сегмента ВСА) и ее морфологические особенности (особенности нахождения витков спиралей в полости аневризмы, временной интервал после

первичного клипирования и др.). При этом, необходимо помнить о возможности смены модальности хирургического вмешательства – при безуспешной попытке клипирования аневризмы опытным сосудистым хирургом предпочтительной и более безопасной для пациента тактикой может оказаться эндоваскулярная окклюзия аневризмы, и, наоборот, при невозможности эндоваскулярного радикального выключения аневризмы при повторных операциях всегда следует рассмотреть вариант ее микрохирургического клипирования.

При проведении повторной микрохирургической операции требуются большой опыт и отточенная микрососудистая техника хирурга ввиду выраженного рубцово-спаечного процесса как при доступе к аневризме, так и при ее выделении. При принятии решения о снятии «старых» клипс необходимо сравнить пользу от их снятия с рисками травмы прилежащих структур. Для этого необходимо брать в расчет длительность межоперационного промежутка, выраженность спаечного процесса и интимность сращения клипс с прилежащими сосудами и стенкой аневризмы. Если кровоснабжаемая часть резидуальной аневризмы располагается под браншами ранее установленной клипсы, безопаснее провести диссекцию и ее клипирование без удаления «старой» клипсы.

При аневризмах срединной локализации (ПСА или базилярная артерия) следует обратить внимание стороне предыдущего хирургического доступа к аневризме – при его изменении выполнение снятия клипс, установленных на предыдущей операции, будет крайне сложным и травмоопасным.

Использование фенестрированных клипс может быть полезным как при частично клипированных, так и при частично окклюзированных спиралями церебральных аневризмах, так как они позволяют «обходить» клипсы или витки спиралей с предыдущей операции без необходимости их удаления и, кроме того, обладают большей степенью сжатия бранш клипсы ближе к концу бранш по сравнению с нефенестрированными клипсами, благодаря чему удается надежно выключить из кровотока труднодоступные участки стенки аневризмы.

В хирургии ранее окклюзированных аневризм при наличии «мешающих» клипированию витков спиралей в полости аневризмы перед попыткой их удаления

необходимо принимать во внимание сроки после предыдущей операции и степень вовлеченности спиралей в структуру сосудистой стенки, и при удалении спиралей наиболее предпочтительно вскрытие аневризмы на отдалении от шейки с сохранением достаточной для клипирования части шейки аневризмы. Необходимо учитывать, что тотальное удаление всех внутрисосудистых спиралей несет определенные риски, и главная цель заключается не в полном удалении всех спиралей, а исключительно в улучшении условий для радикального клипирования аневризмы. При этом, не удаленная в области шейки аневризмы спираль может препятствовать смыканию бранш сосудистой клипсы и смещаться в просвет прилежащего сосуда, что является крайне опасным с точки зрения тромбообразования.

Другой особенностью частично окклюзированных спиралью аневризм является истончение и деградация сосудистой стенки с последующей экструзией спиралей, что может быть достоверно визуализировано только во время микрохирургического вмешательства.

При анализе неврологических исходов пациентов после повторной операции выключения аневризмы из кровотока неполное выключение резидуальной аневризмы достоверно связано с менее благоприятным исходом на момент выписки ( $p=0,008$  при оценке исходов по ШИГ и  $p=0,018$  при оценке исходов по МШР).

## Выводы

1. Радикальное выключение резидуальной аневризмы после повторной операции достигнуто у 70 (87,5%) пациентов, у 10 (12,5%) пациентов тотального выключения достичь не удалось (по сравнению с 5,1% при первичной микрохирургической операции), что свидетельствует о более сложной анатомии и хирургии резидуальных аневризм. Отмечено менее радикальное выключение аневризмы из кровотока при повторной операции среди аневризм заднего отдела Виллизиева круга ( $p=0,011$ ), кроме этого, неполное выключение после повторной операции связано с менее благоприятным исходом на момент выписки ( $p=0,008$ ).

2. Среди 1600 пациентов с микрохирургическим и эндоваскулярным лечением аневризм в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко у 137 (8,6%) отмечалась резидуальная часть. Мы установили, что достоверно значимыми факторами, повышающими риск неполного выключения аневризмы из кровотока, являются: супраклиноидная локализация аневризмы, ее эксцентрично-фузиформная форма, наличие дивертикула, крупный и гигантский размер аневризмы, эндоваскулярный метод лечения аневризмы, субарахноидальное кровоизлияние, а также мужской пол (для всех параметров  $p<0,001$ ). В микрохирургической группе доля нерадикального выключения составила 5,1%, в эндоваскулярной группе (только спирали) – 16,1% ( $p<0,001$ ).

3. Показанием к повторной операции на резидуальной или рекуррентной аневризме является наличие хотя бы одного из нижеперечисленных факторов: степень радикальности выключения R3 – R5 (FR3 – FR4 для фузиформных аневризм), кровоизлияние из аневризмы (вне зависимости от степени радикальности выключения) и рост резидуальной или рекуррентной аневризмы.

4. Выбор метода повторного вмешательства на резидуальной или рекуррентной аневризме должен быть основан на таких параметрах, как локализация аневризмы (и, соответственно, ее анатомическая доступность), морфологические особенности аневризмы (тип аневризмы, особенности

нахождения витков спиралей в полости аневризмы, временной интервал после первичного клипирования и др.) и тяжесть состояния пациента. Также необходимо помнить о возможности смены модальности хирургического вмешательства при безуспешности одного из метода лечения аневризмы.

5. Метод послеоперационного ангиографического обследования с целью уточнения радикальности выключения аневризмы должен быть выбран исходя из метода первичной операции, типа установленного импланта и соматического статуса пациента. Наиболее информативным методом контрольного обследования ввиду особенностей заполнения контрастом и субтракции является 3D-ротационная ЦСА. СКТ-АГ является достоверным методом оценки радикальности выключения аневризмы у пациентов, которым установлены титановые клипсы, а МРА – достоверным методом контроля после окклюзии аневризмы спиральями. Проведение первой контрольной ангиографии рекомендуется в раннем послеоперационном периоде. Дальнейшие сроки контрольного исследования устанавливаются в индивидуальном порядке.

## Практические рекомендации

1. Планирование микрохирургического вмешательства на резидуальной или рекуррентной аневризме осуществляется на дооперационном этапе с возможной интраоперационной коррекцией. На дооперационном этапе целесообразно ознакомление с протоколом и интраоперационным видео первичной операции для наилучшего понимания и планирования вторичного подхода к аневризме. Возможно как удаление ранее установленных клипс или спиралей, так и их сохранение в зависимости от их локализации и риска травматизации окружающих структур при их удалении.

2. Цифровая субтракционная ангиография – «золотой стандарт» контрольного обследования пациентов с установленными нетитановыми сосудистыми клипсами, однако перед выполнением ЦСА возможно применение СКТ-АГ для оценки степени выраженности артефактов от металла, так как при невыраженных артефактах (А1 степени) возможен дальнейший скрининг с помощью СКТ-АГ.

3. Уверенность хирурга в радикальном выключении аневризмы по интраоперационным данным может быть ошибочной: пункция и релаксация аневризмы без признаков кровотечения на микрохирургической операции не является доказательством тотального выключения аневризмы из кровотока, так как другие камеры аневризмы или часть ее шейки могут продолжать заполняться.

4. Использование фенестрированных клипс может быть полезным как при частично клипированных, так и при частично окклюзированных спиральями церебральных аневризмах, так как они позволяют «обходить» клипсы или витки спиралей без необходимости их удаления и, кроме того, обладают большей степенью сжатия бранш клипсы ближе к концу бранш по сравнению с нефенестрированными клипсами. Это позволяет надежно выключить из кровотока труднодоступные участки стенки аневризмы.

5. При удалении клипс, установленных при первичной операции,

необходимо брать в расчет расположение клипс относительно шейки аневризмы, длительность межоперационного промежутка, выраженность спаечного процесса и интимность сращения клипс с прилежащими сосудами и стенкой аневризмы.

6. В случае аневризм срединной локализации (ПСА, базилярная артерия) сторона повторного хирургического доступа должна соответствовать доступу на первичной операции, если радикальное выключение резидуальной аневризмы из кровотока по предоперационным данным предполагает снятие ранее установленных клипс.

7. При удалении витков спиралей из полости аневризмы необходимо помнить, что главная цель заключается не в полном удалении всех спиралей, а исключительно в улучшении условий для радикального клипирования аневризмы. Следует принимать во внимание расположение спиралей относительно шейки аневризмы, сроки после предыдущей операции и степень интеграции спиралей в структуру сосудистой стенки. Возможно «фрагментирование» клубка спиралей с помощью грубых микрососудистых ножниц с целью удаления только части спиралей. Также стоит учитывать, что не удаленная в области шейки аневризмы спираль может препятствовать смыканию бранш сосудистой клипсы и смещаться в просвет прилежащего сосуда, что является опасным фактором тромбообразования и эмболии.



## Список сокращений

3D – 3-Dimensional

BRAT – Barrow Ruptured Aneurysm Trial

CARAT – Cerebral Aneurysm Rerupture After Treatment

DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine

ISAT – The International Subarachnoid Aneurysm Trial

MARS – metal artifact reduction sequence

MAVRIC – multiacquisition variable-resonance image combination)

MIP – maximum intensity projection

PSM – propensity score matching

RedCAP – Research Electronic Data Capture

SEMAC – slice-encoding for metal artifact correction

WEB – Woven EndoBridge

BCA – внутренняя сонная артерия

ЗСА – задняя соединительная артерия

МРА – магнитно-резонансная ангиография

МРТ – магнитно-резонансная томография

МШР – модифицированная шкала Рэнкина

ПМА – передняя мозговая артерия

ПСА – передняя соединительная артерия

САК – субарахноидальное кровоизлияние

СКТ – спиральная компьютерная томография

СКТ-АГ – спиральная компьютерная томографическая ангиография

СМА – средняя мозговая артерия

ЦСА – цифровая субтракционная ангиография

ШИГ – шкала исходов Глазго

## Список литературы

1. Бобинов, В.В. Оптимизация тактики эндоваскулярного лечения пациентов с церебральными аневризмами в зависимости от рисков их рецидивирования: диссертация ... кандидата медицинских наук: 3.1.10. / Бобинов Василий Витальевич; [Место защиты: Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А.Л. Поленова]. – Санкт-Петербург, 2022. – 161 с.
2. Коновалов, А.Н. Хирургическое лечение артериальных аневризм головного мозга: монография / Коновалов Александр Николаевич. – Москва: Медицина, 1973. – 328 с.
3. Крылов, В.В. / Клинические рекомендации по лечению неразорвавшихся аневризм головного мозга / Крылов В.В., Элиава Ш.Ш., Яковлев С.Б., Хейреддин А.С., Белоусова О.Б., Полунина Н.А. – Москва: Ассоциация нейрохирургов России, – 2015. – С. 28.
4. Крылов, В.В. Интраоперационные факторы риска в хирургии церебральных аневризм / Крылов В.В., Годков И.М., Генов П.Г. // Нейрохирургия. – 2009. – № 2. – С. 24–33.
5. Пилипенко, Ю.В. Микрохирургическое лечение сложных аневризм средних мозговых артерий: крупных, гигантских, фузиформных и частично тромбированных: автореферат диссертации ... доктора мед. наук. 3.1.10. / Пилипенко Ю.В. – Москва, 2023. - 46 С.
6. Пилипенко, Ю.В. Оценка радикальности микрохирургических операций при артериальных аневризмах головного мозга по данным компьютерной томографической ангиографии / Пилипенко Ю.В., Элиава Ш.Ш., Пронин И.Н., Окишев Д.Н., Абрамян А.А. // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2020. – Т. 86, №6. – С. 76-85.
7. Хейреддин, А.С. Современные принципы хирургического лечения множественных церебральных аневризм: диссертация ... доктора медицинских наук: 3.1.10. / Хейреддин А.С.; [Место защиты: Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А.Л. Поленова]. – Санкт-Петербург, 2022. – 161 с.

наук: 3.1.10. / Хейреддин Али Садек; [Место защиты: Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко]. – Москва, 2013. – 244 с.

8. Aikawa, H. Rebleeding After Endovascular Embolization of Ruptured Cerebral Aneurysms / Aikawa H., Kazekawa K., Nagata S.I., Onizuka M., Iko M., Tsutsumi M., et al. // *Neurol Med Chir (Tokyo)*. – 2006. – Т. 47.

9. Andreasen, T.H. Modifiable Risk Factors for Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage / Andreasen T.H., Bartek J., Andresen M., Springborg J.B., Romner B. // *Stroke*. – 2013. – Т. 44, № 12. – С. 3607–3612.

10. Arnett, D.K. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease / Arnett D.K., Blumenthal R.S., Albert M.A., Buroker A.B., Goldberger Z.D., Hahn E.J., et al. // *J Am Coll Cardiol*. – 2019. – Т. 74, № 10. – С. e177–e232.

11. Asnafi, S. Efficacy and Safety of the Woven EndoBridge (WEB) Device for the Treatment of Intracranial Aneurysms: A Systematic Review and Meta-Analysis / Asnafi S., Rouchaud A., Pierot L., Brinjikji W., Murad M.H., Kallmes D.F. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2016. – Т. 37, № 12. – С. 2287–2292.

12. Becske, T. Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: results from a multicenter clinical trial / Becske T., Kallmes D.F., Saatci I., McDougall C.G., Szikora I., Lanzino G., et al. // *Radiology*. – 2013. – Т. 267, № 3. – С. 858–868.

13. el Beltagy, M. Recurrent intracranial aneurysms after successful neck clipping / el Beltagy M., Muroi C., Roth C., Fandino J., Imhof H.G., Yonekawa Y. // *World Neurosurg*. – 2010. – Т. 74, № 4–5. – С. 472–477.

14. Brinjikji, W. HydroCoils reduce recurrence rates in recently ruptured medium-sized intracranial aneurysms: a subgroup analysis of the HELPS trial / Brinjikji W., White C.M., Nahser H., Wardlaw J., Sellar R., Cloft H.J., et al. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2015. – Т. 36, № 6. – С. 1136–1141.

15. Brown, M.A. A long-term study of durability and risk factors for aneurysm recurrence after microsurgical clip ligation / Brown M.A., Parish J., Guandique C.F., Payner T.D., Horner T., Leipzig T., et al. // *J Neurosurg. American Association of*

Neurological Surgeons, – 2017. – T. 126, № 3. – C. 819–824.

16. Burkhardt, J.K. Risk of Aneurysm Residual Regrowth, Recurrence, and de Novo Aneurysm Formation After Microsurgical Clip Occlusion Based on Follow-up with Catheter Angiography / Burkhardt J.K., Chua M.H.J., Weiss M., Do A.S.M.S., Winkler E.A., Lawton M.T. // *World Neurosurg.* Elsevier Inc., – 2017. – T. 106. – C. 74–84.

17. Campi, A. Retreatment of ruptured cerebral aneurysms in patients randomized by coiling or clipping in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) / Campi A., Ramzi N., Molyneux A.J., Summers C.E., Kerr R.S.C., Sneade M., et al. // *Stroke.* – 2007. – T. 38, № 5. – C. 1538–1544.

18. Chalouhi, N. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: predictors of complications, recanalization, and outcome in 508 cases / Chalouhi N., Jabbour C., Singhal S., Drueding R., Starke R.M., Dalyai R.T., et al. // *Stroke.* – 2013. – T. 44, № 5. – C. 1348–1353.

19. Cognard, C. Intracranial berry aneurysms: angiographic and clinical results after endovascular treatment / Cognard C., Weill A., Castaings L., Rey A., Moret J. // *Radiology.* – 1998. – T. 206, № 2. – C. 499–510.

20. Connors, J.J. Training, competency, and credentialing standards for diagnostic cervicocerebral angiography, carotid stenting, and cerebrovascular intervention: a joint statement from the American Academy of Neurology, the American Association of Neurological Surgeons, the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology, the American Society of Neuroradiology, the Congress of Neurological Surgeons, the AANS/CNS Cerebrovascular Section, and the Society of Interventional Radiology / Connors J.J., Sacks D., Furlan A.J., Selman W.R., Russell E.J., Stieg C.E., et al. // *J Vasc Interv Radiol.* – 2004. – T. 15, № 12. – C. 1347–1356.

21. Daou, B. Clipping of previously coiled cerebral aneurysms: efficacy, safety, and predictors in a cohort of 111 patients / Daou B., Chalouhi N., Starke R.M., Barros G., Ya'Qoub L., Do J., et al. // *J Neurosurg.* American Association of Neurological Surgeons, – 2016. – T. 125, № 6. – C. 1337–1343.

22. David, C.A. Late angiographic follow-up review of surgically treated aneurysms / David C.A., Vishteh A.G., Spetzler R.F., Lemole M., Lawton M.T., Partovi S. // *J*

Neurosurg. – 1999. – T. 91, № 3. – C. 396–401.

23. Davies, J.M. Advances in open microsurgery for cerebral aneurysms / Davies J.M., Lawton M.T. // Neurosurgery. Neurosurgery, – 2014. – T. 74 Suppl 1, № 2 Suppl.

24. Dehdashti, A.R. Comparison of multislice computerized tomography angiography and digital subtraction angiography in the postoperative evaluation of patients with clipped aneurysms / Dehdashti A.R., Binaghi S., Uske A., Regli L. // J Neurosurg. – 2006. – T. 104, № 3. – C. 395–403.

25. Dehdashti, A.R. Symptomatic enlargement of an occluded giant carotidophthalmic aneurysm after endovascular treatment: The vasa vasorum theory / Dehdashti A.R., Thines L., Willinsky R.A., Tymianski M. // Acta Neurochir (Wien). Springer, – 2009. – T. 151, № 9. – C. 1153–1158.

26. Derdeyn, C.C. MR angiography of saccular aneurysms after treatment with Guglielmi detachable coils: preliminary experience. / Derdeyn C.C., Graves V.B., Turski C.A., Masaryk A.M., Strother C.M. // AJNR Am J Neuroradiol. – 1997. – T. 18, № 2. – C. 279–286.

27. Ding, Y.H. The Woven EndoBridge: a new aneurysm occlusion device / Ding Y.H., Lewis D.A., Kadirvel R., Dai D., Kallmes D.F. // AJNR Am J Neuroradiol. – 2011. – T. 32, № 3. – C. 607–611.

28. Dion, J.E. Clinical events following neuroangiography: a prospective study / Dion J.E., Gates C.C., Fox A.J., Barnett H.J.M., Blom R.J. // Stroke. – 1987. – T. 18, № 6. – C. 997–1004.

29. Dorfer, C. Management of residual and recurrent aneurysms after initial endovascular treatment / Dorfer C., Gruber A., Standhardt H., Bavinzski G., Knosp E. // Neurosurgery. – 2012. – T. 70, № 3.

30. Drake, C.G. The treatment of aneurysms of the posterior circulation / Drake C.G. // Clin Neurosurg. Clin Neurosurg, – 1979. – T. 26. – C. 96–144.

31. Drake, C.G. Failed aneurysm surgery Reoperation in 115 cases / Drake C.G., Friedman A.H., Peerless S.J. // J Neurosurg. – 1984. – T. 61. 848–856 C.

32. Eljovich, L. Predictors and outcomes of intraprocedural rupture in patients treated for ruptured intracranial aneurysms: The CARAT study / Eljovich L., Higashida

R.T., Lawton M.T., Duckwiler G., Giannotta S., Johnston S.C. // *Stroke*. – 2008. – T. 39, № 5. – C. 1501–1506.

33. Feuerberg, I., Natural history of postoperative aneurysm rests *Clinical Material and Methods* / Feuerberg I., Lindquist C., Lindqvist M., Steiner L., Guidetti B., Handa H., et al. // *J Neurosurg*. – 1987. – T. 66. 30–34 C.

34. Friedrich, B. Novel Metal Artifact Reduction Techniques with Use of Slice-Encoding Metal Artifact Correction and View-Angle Tilting MR Imaging for Improved Visualization of Brain Tissue near Intracranial Aneurysm Clips / Friedrich B., Wostrack M., Ringel F., Ryang Y.-M., Förschler A., Waldt S., et al. // *Clin Neuroradiol*. – 2016. – T. 26, № 1. – C. 31–37.

35. Futchko, J. Influence of smoking on aneurysm recurrence after endovascular treatment of cerebrovascular aneurysms / Futchko J., Starr J., Lau D., Leach M.R., Roark C., Pandey A.S., et al. // *J Neurosurg*. – 2018. – T. 128, № 4. – C. 992–998.

36. Gallas, S. A multicenter study of 705 ruptured intracranial aneurysms treated with Guglielmi detachable coils / Gallas S., Pasco A., Cottier J.-C., Gabrillargues J., Drouineau J., Cognard C., et al // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2005. – T. 26, № 7. – C. 1723–1731.

37. Giannotta, S.L. Reoperative management of intracranial aneurysms / Giannotta S.L., Litofsky N.S. // *J Neurosurg*. – 1995. – T. 83, № 3. – C. 387–393.

38. Goertz, L. Identifying Predictors for Aneurysm Remnants After Clipping by Morphometric Analysis and Proposal of a Novel Risk Score / Goertz L., Pflaeging M., Hamisch C., Kabbasch C., von Spreckelsen N., Laukamp K., et al. // *World Neurosurg*. Elsevier Inc., – 2020. – T. 136. – C. e300–e309.

39. Hampton, T. Mural destabilization after aneurysm treatment with a flow-diverting device: a report of two cases / Hampton T., Walsh D., Tolias C., Fiorella D. // *J Neurointerv Surg*. – 2011. – T. 3, № 2. – C. 167–171.

40. Han, H.J. Incidence rate and predictors of recurrent aneurysms after clipping: long-term follow-up study of survivors of subarachnoid hemorrhage / Han H.J., Lee W., Kim J., Park K.Y., Park S.K., Chung J., et al. // *Neurosurg Rev*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, – 2022. – T. 45, № 5. – C. 3209–3217.

41. Han, Y.-F. Risk factors for repeated recurrence of cerebral aneurysms treated with endovascular embolization / Han Y.-F., Jiang C., Tian Z.-B., Chen X.-H., Liu J., Wu Z.-X., et al. // *Front Neurol.* – 2022. – T. 13.

42. Hannan, C.J. How I do it: coil extraction and clip reconstruction of a previously coiled giant middle cerebral artery aneurysm / Hannan C.J., Javadpour M. // *Acta Neurochir (Wien)*. Springer, – 2021. – T. 163, № 8. – C. 2363–2366.

43. Heiserman, J.E. Neurologic complications of cerebral angiography / Heiserman J.E., Dean B.L., Hodak J.A., Flom R.A., Bird C.R., Drayer B.C., et al. // *AJNR Am J Neuroradiol.* – 1994. – T. 15, № 8. – C. 1401–1407; discussion 1408-11.

44. Hoh, B.L. Results of a prospective protocol of computed tomographic angiography in place of catheter angiography as the only diagnostic and pretreatment planning study for cerebral aneurysms by a combined neurovascular team / Hoh B.L., Cheung A.C., Rabinov J.D., Pryor J.C., Carter B.S., Ogilvy C.S., et al. // *Neurosurgery.* – 2004. – T. 54, № 6. – C. 1329–1342.

45. Hokari, M. Treatment of Recurrent Intracranial Aneurysms after Clipping: A Report of 23 Cases and a Review of the Literature / Hokari M., Kazumara K., Nakayama N., Ushikoshi S., Sugiyama T., Asaoka K., et al. // *World Neurosurg.* Elsevier Inc., – 2016. – T. 92. – C. 434–444.

46. Iihara, K. Continued growth of and increased symptoms from a thrombosed giant aneurysm of the vertebral artery after complete endovascular occlusion and trapping: the role of vasa vasorum: Case report / Iihara K., Murao K., Sakai N., Soeda A., Ishibashi-Ueda H., Yutani C., et al. // *J Neurosurg. Journal of Neurosurgery Publishing Group,* – 2003. – T. 98, № 2. – C. 407–413.

47. Ikemura, A. Time-resolved magnetic resonance angiography (TR-MRA) for the evaluation of post coiling aneurysms; A quantitative analysis of the residual aneurysm using full-width at half-maximum (FWHM) value / Ikemura A., Yuki I., Suzuki H., Suzuki T., Ishibashi T., Abe Y., et al. // *PLoS One.* – 2018. – T. 13, № 9. – C. e0203615.

48. Ishikawa, T. Techniques for Removing Previously Placed Clips / Ishikawa T., Kamiyama H., Takizawa K., Kazumata K., Yoshimoto T., Iwasaki Y. // *Surgery for Cerebral Stroke.* – 2005. – T. 33, № 2. – C. 132–134.

49. Jabbarli, R. Aneurysm remnant after clipping: The risks and consequences / Jabbarli R., Pierscianek D., Wrede K., Dammann C., Schlamann M., Forsting M., et al. // *J Neurosurg. American Association of Neurological Surgeons*, – 2016. – T. 125, № 5. – C. 1249–1255.
50. Johnston, S.C. Predictors of rehemorrhage after treatment of ruptured intracranial aneurysms: The Cerebral Aneurysm Rerupture After Treatment (CARAT) study / Johnston S.C., Dowd C.F., Higashida R.T., Lawton M.T., Duckwiler G.R., Gress D.R. // *Stroke*. – 2008. – T. 39, № 1. – C. 120–125.
51. Kashimura, H. Microsurgical removal of previously placed aneurysm clips and application of new clips for recurrent cerebral aneurysms. Technical note / Kashimura H., Ogasawara K., Kubo Y., Otawara Y., Ogawa A. // *J Neurosurg*. – 2007. – T. 107, № 4. – C. 881–883.
52. Kim, C. Management of recurrent cerebral aneurysm after surgical clipping: Clinical article / Kim C., Jang S.J. // *J Korean Neurosurg Soc. Korean Neurosurgical Society*, – 2018. – T. 61, № 2. – C. 212–218.
53. Kivelev, J. Open Surgery for Recurrent Intracranial Aneurysms: Techniques and Long-Term Outcomes / Kivelev J., Tanikawa R., Noda K., Hernesniemi J., Niemelä M., Takizawa K., et al. // *World Neurosurg. Elsevier Inc.*, – 2016. – T. 96. – C. 1–9.
54. Klopfenstein, J.D. Comparison of routine and selective use of intraoperative angiography during aneurysm surgery: a prospective assessment / Klopfenstein J.D., Spetzler R.F., Kim L.J., Feiz-Erfan I., Han C.C., Zabramski J.M., et al. // *J Neurosurg*. – 2004. – T. 100, № 2. – C. 230–235.
55. Kühn, A.L. Introduction: History and Development of Flow Diverter Technology and Evolution / Kühn A.L., Gounis M.J., Puri A.S. // *Neurosurgery*. – 2020. – T. 86, № Suppl 1. – C. S3–S10.
56. Lee, J. Microsurgical treatment for the recurrent cerebral aneurysm initially treated using coil embolization / Lee J., Kim S.-T., Shim Y.W., Back J.W., Ko J.H., Lee W.H., et al. // *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. Korean Society of Cerebrovascular Surgeons/Korean Society of Endovascular Surgery*, – 2020. – T. 22, № 3. – C. 165–175.
57. Lin, T. Regrowth of aneurysm sacs from residual neck following aneurysm



clipping / Lin T., Fox A.J., Drake C.G. // *J Neurosurg.* – 1989. – T. 70, № 4. – С. 556–560.

58. Loon, J.J.L. Postoperative spiral computed tomography and magnetic resonance angiography after aneurysm clipping with titanium clips / Loon J.J.L., Yousry T.A., Fink U., Seelos K.C., Reulen H.J., Steiger H.J. // *Neurosurgery.* – 1997. – T. 41, № 4. – С. 851–857.

59. Lylyk, C. Curative endovascular reconstruction of cerebral aneurysms with the pipeline embolization device: the Buenos Aires experience / Lylyk C., Miranda C., Ceratto R., Ferrario A., Scrivano E., Luna H.R., et al. // *Neurosurgery.* – 2009. – T. 64, № 4. – С. 632–642.

60. Macdonald R.L. Role of angiography following aneurysm surgery / Macdonald R.L., Wallace M.C., Kestle J.R.W. // *J Neurosurg.* – 1993. – T. 79, № 6. – С. 826–832.

61. Marbacher, S. Recurrence of endovascularly and microsurgically treated intracranial aneurysms—review of the putative role of aneurysm wall biology / Marbacher S., Niemelä M., Hernesniemi J., Frösén J. // *Neurosurg Rev.* – 2019. – T. 42, № 1. – С. 49–58.

62. Marbacher, S. Comparison of 3D intraoperative digital subtraction angiography and intraoperative indocyanine green video angiography during intracranial aneurysm surgery / Marbacher S., Mendelowitsch I., Grüter B.E., Diepers M., Remonda L., Fandino J. // *J Neurosurg.* – 2019. – T. 131, № 1. – С. 64–71.

63. Mascitelli, J.R. An update to the Raymond-Roy Occlusion Classification of intracranial aneurysms treated with coil embolization / Mascitelli J.R., Moyle H., Oermann E.K., Polykarpou M.F., Patel A.A., Doshi A.H., et al. // *J Neurointerv Surg.* BMJ Publishing Group, – 2015. – T. 7, № 7. – С. 496–502.

64. McAuliffe, W. Immediate and midterm results following treatment of unruptured intracranial aneurysms with the pipeline embolization device / McAuliffe W., Wycoco V., Rice H., Phatouros C., Singh T.J., Wenderoth J. // *AJNR Am J Neuroradiol.* – 2012. – T. 33, № 1. – С. 164–170.

65. Mckinney, A.M. Detection of aneurysms by 64-section multidetector CT angiography in patients acutely suspected of having an intracranial aneurysm and

comparison with digital subtraction and 3D rotational angiography / McKinney A.M., Palmer C.S., Truwit C.L., Karagulle A., Teksam M. // American Journal of Neuroradiology. – 2008. – T. 29, № 3. – C. 594–602.

66. Mckissock, W. “Posterior-Communicating” Aneurysms / Mckissock W., Richardson A., Walsh L. // The Lancet. – 1960. – T. 275, № 7136. – C. 1203–1206.

67. Mckissock, W. Middle-Cerebral Aneurysms Further Results In The Controlled Trial Of Conservative And Surgical Treatment Of Ruptured Intracranial Aneurysms / Mckissock W., Richardson A., Walsh L. // The Lancet. – 1962. – T. 280, № 7253. – C. 417–421.

68. Mckissock, W. Anterior Communicating Aneurysms: A Trial Of Conservative And Surgical Treatment / Mckissock W., Richardson A., Walsh L. // Lancet. – 1965. – T. 1, № 7391. – C. 874–876.

69. Mitra, D. Follow-up of intracranial aneurysms treated with matrix detachable coils: a single-center experience / Mitra D., Herwadkar A., Soh C., Gholkar A. // AJNR Am J Neuroradiol. – 2007. – T. 28, № 2. – C. 362–367.

70. Molyneux, A.J. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial / Molyneux A.J. // The Lancet. – 2002. – T. 360, № 9342. – C. 1267–1274.

71. Molyneux, A.J. Articles Introduction International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion / Molyneux A.J., C Kerr R.S., Yu L.-M., Clarke M., Sneade M., Yarnold J.A. // The Lancet. Lancet Publishing Group, – 2005. – T. 366, №9488 – C. 809-817

72. Molyneux, A.J. Risk of recurrent subarachnoid haemorrhage, death, or dependence and standardised mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): long-term follow-up / Molyneux A.J., Kerr R.S.C., Birks J., Ramzi N., Yarnold J., Sneade M., et al. // Lancet Neurol. – 2009. – T. 8. – C. 427–433.

73. Molyneux, A.J. 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) / Molyneux A.J., Birks J., Clarke A., Sneade M., Kerr R.S.C. // *The Lancet*. Lancet Publishing Group, – 2015. – T. 385, № 9969. – C. 691–697.

74. Morris, C. *Practical Neuroangiography*. / Morris C. // Lippincott Williams & Wilkins, – 2007.

75. Nakase, H. *Clinical Study on Recurrent Intracranial Aneurysms* / Nakase H., Kamada Y., Aoki H., Goda K., Morimoto T., Sakaki T., et al. // *Cerebrovasc Dis*. – 2000. – T. 10. 255–260 C.

76. Obermueller, K. Frequency and risk factors for postoperative aneurysm residual after microsurgical clipping / Obermueller K., Hostettler I., Wagner A., Boeckh-Behrens T., Zimmer C., Gempt J., et al. // *Acta Neurochir (Wien)*. Springer, – 2021. – T. 163, № 1. – C. 131–138.

77. O'Hare, A.M. HydroCoils, occlusion rates, and outcomes: a large single-center study / O'Hare A.M., Fanning N.F., Ti J.C., Dunne R., Brennan C.R., Thornton J.M. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2010. – T. 31, № 10. – C. 1917–1922.

78. O'Kelly, C.J. Canadian experience with the pipeline embolization device for repair of unruptured intracranial aneurysms / O'Kelly C.J., Spears J., Chow M., Wong J., Boulton M., Weill A., et al. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2013. – T. 34, № 2. – C. 381–387.

79. Owen, C.M. *Microsurgical Management of Residual and Recurrent Aneurysms After Coiling and Clipping* / Owen C.M., Montemurro N., Lawton M.T. // *Neurosurgery*. – 2015. – T. 62, № 1. – C. 92–102.

80. Papadopoulos, M.C. Endurance of aneurysm clips: mechanical endurance of Yaşargil and Spetzler titanium aneurysm clips / Papadopoulos M.C., Apok V., Mitchell F.T., Turner D.C., Gooding A., Norris J., et al. // *Neurosurgery*. – 2004. – T. 54, № 4. – C. 966–972.

81. Piotin, M. The LUNA aneurysm embolization system for intracranial aneurysm treatment: short-term, mid-term and long-term clinical and angiographic results / Piotin

M., Biondi A., Sourour N., Mounayer C., Jaworski M., Mangiafico S., et al. // *J Neurointerv Surg.* – 2018. – T. 10, № 12. – C. e34.

82. Pirayesh, A. Microsurgery of residual or recurrent complex intracranial aneurysms after coil embolization – a quest for the ultimate therapy / Pirayesh A., Ota N., Noda K., Petrakakis I., Kamiyama H., Tokuda S., et al. // *Neurosurg Rev.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, – 2021. – T. 44, № 2. – C. 1031–1051.

83. Rauzzino, M.D. M.J. Angiography after Aneurysm Surgery: Indications for “Selective” Angiography / Rauzzino M.D. M.J., Quinn R.N. M.S.N., C.M., Fisher III M.D., W.S. // *Surg Neurol.* – 1998. – T. 49, № 1. – C. 32–41.

84. Raymond, J. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils / Raymond J., Guilbert F., Weill A., Georganos S.A., Juravsky L., Lambert A., et al. // *Stroke.* – 2003. – T. 34, № 6. – C. 1398–1403.

85. Raymond, J. An approach to recurrent aneurysms following endovascular coiling / Raymond J., Darsaut T.E. // *J Neurointerv Surg.* British Medical Journal Publishing Group, – 2011. – T. 3, № 4. – C. 314–318.

86. Ringer, A.J. Defining the risk of retreatment for aneurysm recurrence or residual after initial treatment by endovascular coiling: a multicenter study / Ringer A.J., Rodriguez-Mercado R., Veznedaroglu E., Levy E.I., Hanel R.A., Mericle R.A., et al. // *Neurosurgery.* – 2009. – T. 65, № 2. – C. 311–315.

87. Roessler, K. Essentials in intraoperative indocyanine green videoangiography assessment for intracranial aneurysm surgery: conclusions from 295 consecutively clipped aneurysms and review of the literature / Roessler K., Krawagna M., Dörfler A., Buchfelder M., Ganslandt O. // *Neurosurg Focus.* – 2014. – T. 36, № 2. – C. e7.

88. van Rooij, W.J. 3D rotational angiography: the new gold standard in the detection of additional intracranial aneurysms / van Rooij W.J., Sprengers M.E., de Gast A.N., Peluso J.C.C., Sluzewski M. // *AJNR Am J Neuroradiol.* *AJNR Am J Neuroradiol.* – 2008. – T. 29, № 5. – C. 976–979.

89. le Roux C.D. Risks and Benefits of Diagnostic Angiography after Aneurysm Surgery: A Retrospective Analysis of 597 Studies / le Roux C.D., Elliott J.C., Eskridge

- J.M., Cohen W., Winn H.R. // *Neurosurgery*. – 1998. – T. 42, № 6. – C. 1248–1254.
90. Roy D. Endovascular Treatment of Unruptured Aneurysms / Roy D., Milot G., Raymond J. // *Stroke*. – 2001. – T. 32, № 9. – C. 1998–2004.
91. Sagara, Y. Limitations of three-dimensional reconstructed computerized tomography angiography after clip placement for intracranial aneurysms / Sagara Y., Kiyosue H., Hori Y., Sainoo M., Nagatomi H., Mori H. // *J Neurosurg*. – 2005. – T. 103, № 4. – C. 656–661.
92. Sailer, A.M.H. Diagnosing intracranial aneurysms with MR angiography: Systematic review and meta-analysis / Sailer A.M.H., Wagemans B.A.J.M., Nelemans C.J., De Graaf R., Van Zwam W.H. // *Stroke*. – 2014. – T. 45, № 1. – C. 119–126.
93. Sakaki, T. Recurrence of ICA-PCoA aneurysms after neck clipping / Sakaki T., Takeshima T., Tominaga M., Hashimoto H., Kawaguchi S. // *J Neurosurg*. – 1994. – T. 80, № 1. – C. 58–63.
94. Schartz, D. Noncurative microsurgery for cerebral aneurysms: a systematic review and meta-analysis of wrapping, residual, and recurrence rates / Schartz D., Mattingly T.K., Rahmani R., Ellens N., Akkipeddi S.M.K., Bhalla T., et al. // *Journal of Neurosurgery. American Association of Neurological Surgeons*, – 2022. – T. 137, № 1. – C. 129–139.
95. Scheer, N. Evaluation of the yield of post-clipping angiography and nationwide current practice / Scheer N., Ghaznawi R., van Walderveen M.A.A., Koot R.W., Willems C.W.A. // *Acta Neurochir (Wien)*. Springer-Verlag Wien, – 2019. – T. 161, № 4. – C. 783–790.
96. Schievink, W.I.  $\alpha$ 1-Antitrypsin Deficiency In Intracranial Aneurysms And Cervical Artery Dissection / Schievink W.I., Piepgras D.G., Prakash U.B.S., Mokri B. // *The Lancet*. – 1994. – T. 343, № 8895. – C. 452–453.
97. Settecase, F. Advanced vascular imaging techniques / Settecase F., Rayz V.L. // *Handb Clin Neurol*. – 2021. – T.176. – C. 81–105.
98. Shtaya, A. Outcomes of Microsurgical Clipping of Recurrent Aneurysms After Endovascular Coiling / Shtaya A., Dasgupta D., Millar J., Sparrow O., Bulters D., Duffill J. // *World Neurosurg*. – 2018. – T. 112. – C. e540–e547.

99. Sindou, M. Aneurysmal Remnants After Microsurgical Clipping: Classification and Results from a Prospective Angiographic Study (in a Consecutive Series of 305 Operated Intracranial Aneurysms) / Sindou M., Acevedo J.C., Turjman F. // *Acta Neurochir (Wien)*. – 1998. – T. 140, № 11. – C. 1153–1159.

100. Slob, M.J. Additional coiling of previously coiled cerebral aneurysms: clinical and angiographic results / Slob M.J., Sluzewski M., van Rooij W.J., Roks G., Rinkel G.J.E. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2004. – T. 25, № 8. – C. 1373–1376.

101. Spetzler, R.F. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results / Spetzler R.F., McDougall C.G., Zabramski J.M., Albuquerque F.C., Hills N.K., Russin J.J., et al. // *J Neurosurg. American Association of Neurological Surgeons*, – 2015. – T. 123, № 3. – C. 609–617.

102. Stehbens, W.E. Histopathology of Cerebral Aneurysms / Stehbens W.E. // *Arch Neurol*. – 1963. – T. 8, № 3. – C. 272–285.

103. Sun, G. Comparison of Standard- and Low-Tube Voltage 320-Detector Row Volume CT Angiography in Detection of Intracranial Aneurysms with Digital Subtraction Angiography as Gold Standard / Sun G., Ding J., Lu Y., Li M., Li L., Li G., et al. // *Acad Radiol*. – 2012. – T. 19, № 3. – C. 281–288.

104. Tähtinen, O.I. Stent-assisted embolization of recurrent or residual intracranial aneurysms / Tähtinen O.I., Manninen H.I., Vanninen R.L., Rautio R., Haapanen A., Seppänen J., et al. // *Neuroradiology*. – 2013. – T. 55, № 10. – C. 1221–1231.

105. Taschner, C.A. Matrix detachable coils for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: analysis of early angiographic and clinical outcomes / Taschner C.A., Leclerc X., Rachdi H., Barros A.M., Pruvo J.C. // *Stroke*. – 2005. – T. 36, № 10. – C. 2176–2180.

106. Thornton, J. What Percentage of Surgically Clipped Intracranial Aneurysms Have Residual Necks? / Thornton J., Bashir Q., Aletich V.A., Debrun G.M., Ausman J.I., Charbel F.T. // *Neurosurgery*. – 2000. – T. 46, № 6. – C. 1294–1300.

107. Tsutsumi, K. Risk of Aneurysm Recurrence in Patients With Clipped Cerebral Aneurysms Results of Long-Term Follow-Up Angiography / Tsutsumi K., Ueki K., Morita A., Usui M., Kirino T. // *Stroke*, – 2001. – T. 32, №5. – C. 1191-1194.

108. Uricchio, M. Computed Tomography Angiography Versus Digital Subtraction Angiography for Postclipping Aneurysm Obliteration Detection / Uricchio M., Gupta S., Jakowenko N., Levito M., Vu N., Doucette J., et al. // *Stroke*. – 2019. – T. 50, № 2. – С. 381–388.

109. Veznedaroglu, E. Surgically treated aneurysms previously coiled: lessons learned / Veznedaroglu E., Benitez R.C., Rosenwasser R.H., Zhang Y.J., Barrow D.L., Batjer H.H., et al. // *Neurosurgery*. – 2004. – T. 54, № 2. – С. 300–305.

110. Villablanca, J.C. Natural History of Asymptomatic Unruptured Cerebral Aneurysms Evaluated at CT Angiography: Growth and Rupture Incidence and Correlation with Epidemiologic Risk Factors / Villablanca J.C., Duckwiler G.R., Jahan R., Tateshima S., Martin N.A., Frazee J., et al. // *Radiology*. – 2013. – T. 269, № 1. – С. 258–265.

111. Waldron, J.S. Microsurgical management of incompletely coiled and recurrent aneurysms: Trends, techniques, and observations on coil extrusion / Waldron J.S., Halbach V. v., Lawton M.T. // *Neurosurgery*. – 2009. – T. 64, № Suppl. 5.

112. Washington, C.W. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery / Washington C.W., Zipfel G.J., Chicoine M.R., Derdeyn C.C., Rich K.M., Moran C.J., et al. // *J Neurosurg. J Neurosurg*, – 2013. – T. 118, № 2. – С. 420–427.

113. Yamada, N. Time-of-flight MR angiography targeted to coiled intracranial aneurysms is more sensitive to residual flow than is digital subtraction angiography / Yamada N., Hayashi K., Murao K., Higashi M., Iihara K. // *AJNR Am J Neuroradiol*. – 2004. – T. 25, № 7. – С. 1154–1157.

114. Zhang, L. Clinical and Angiographic Outcomes After Stent-Assisted Coiling of Cerebral Aneurysms With Laser-Cut and Braided Stents: A Comparative Analysis of the Literatures / Zhang L., Chen X., Dong L., Liu C., Jia L., Zhang Y., et al. // *Front Neurol*. – 2021. – T. 12.

115. Zhang, Y.J. Neurosurgical management of intracranial aneurysms previously treated with endovascular therapy / Zhang Y.J., Barrow D.L., Cawley C.M., Dion J.E., Solomon R.A., Hoh B.L., et al. // *Neurosurgery*. – 2003. – T. 52, № 2. – С. 283–295.