

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2024.5.56>

Контроль радикальности клипирования нервавшихся аневризм средней мозговой артерии

А.И. Ахремчук

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, г. Минск,
Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2024. – Том 23, №5. – С. 56-64.

Radicality assessment of clipping in patients with unruptured middle cerebral artery aneurysms

A.I. Ahremchuk

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2024;23(5):56-64.

Резюме.

Осложнения, возникающие при клипировании аневризм сосудов головного мозга, к которым относят неполное выключение аневризмы из кровотока, компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий, являются важной проблемой в хирургии церебральных артериальных аневризм (АА). Для решения этой задачи необходимо применять методы интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования АА. Дизайн исследования: проспективное открытое рандомизированное контролируемое исследование.

Цель – изучить эффективность применения методов интраоперационной оценки кровотока, контроля клипирования аневризм у пациентов с нервавшимися артериальными аневризмами средней мозговой артерии (СМА).

Материал и методы. В исследование включены 142 пациента с нервавшимися аневризмами СМА, которым проводилось микрохирургическое клипирование аневризм в РНПЦ неврологии и нейрохирургии с 2018 по 2022 гг., разделенных на 2 группы по методам использования интраоперационной диагностики кровотока и контроля микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга.

Результаты. Установлено, что применение интраоперационной флюоресцентной видеоангиографии при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм средней мозговой артерии повышает радикальность клипирования АА с 81,5% до 96,3% ($p=0,023$). У 8-и (7,5%) пациентов после клипирования аневризмы и проведения интраоперационной флюоресцентной видеоангиографии с индоцианином зеленым выявлено неполное клипирование шейки аневризмы, что потребовало переложить клипс у 5-и (4,7%) пациентов и установить дополнительный клипс у 3-х (2,8%) пациентов. У 5-и (4,7%) пациентов выявлена компрессия клипсом сегмента М2 СМА, что потребовало выполнить репозицию клипса Язаргила.

Заключение. Применение интраоперационной флюоресцентной видеоангиографии с индоцианином зеленым позволяет подтвердить адекватность наложения клипсы на аневризму и её радикальное выключение из кровотока; выявить компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий, что позволяет своевременно исправить некорректное наложение клипса Язаргила.

Ключевые слова: клипирование аневризм сосудов головного мозга, интраоперационная флюоресцентная видеоангиография, индоцианин зелёный.

Abstract.

Complications arising during clipping of cerebral aneurysms, including incomplete aneurism disconnection from blood flow, compression of afferent, efferent and perforating arteries with clips, are an important problem in the cerebral arterial aneurysms surgery. To solve this problem, it is necessary to apply methods of intraoperative assessment of blood flow and clipping control. Research design: prospective, open, randomized, controlled study.

Objectives. To study the effectiveness of methods for the intraoperative blood flow assessment, aneurysm clipping control

in patients with unruptured middle cerebral artery aneurysms.

Material and methods. The study included 142 patients with unruptured middle cerebral artery aneurysms who underwent microsurgical clipping of aneurysms at RNPC Neurology and Neurosurgery from 2018 to 2022, divided into 2 groups according to methods of the blood flow intraoperative diagnostics and microsurgical clipping control of cerebral aneurysms. **Results.** The use of intraoperative fluorescence video angiography during microsurgical clipping of neovascular aneurysms of the middle cerebral artery was found to increase the radicality of AA clipping from 81.5% to 96.3% ($p=0.023$). Incomplete clipping of the aneurysm neck was revealed in 8 (7.5%) patients after aneurysm clipping and intraoperative fluorescence video angiography with indocyanine green, resulting in clip repositioning in 5 (4.7%) patients and placement of an additional clip in 3 (2.8%) patients. Clip compression of the M2 segment of the SMA was revealed in 5 (4.7%) patients, which required repositioning of the Yasargil clip.

Conclusions. Intraoperative fluorescence video angiography with indocyanine green allows confirming the adequacy of clip placement on the aneurysm and its radical disconnection from blood flow; to reveal clip compression of afferent, efferent and perforating arteries that permits to correct improper Yasargil clip placement in time.

Keywords: clipping of cerebral aneurysms, intraoperative fluorescence video angiography, indocyanine green.

Введение

Артериальная аневризма (АА) встречается у 0,2-10% от всех умерших по данным вскрытий [1-4]. Распространенность аневризм сосудов головного мозга составляет не менее 1% у лиц средней возрастной группы и более 4% у лиц пожилого возраста, а в Северной Америке 1-8% у всего взрослого населения [5]. В Республике Беларусь АА диагностирована с частотой до 3,0 на 100 000 населения [6]. Артериальная аневризма – наиболее частая причина нетравматического субарахноидального кровоизлияния (САК). Смертность вследствие аневризматического САК остается высокой. Летальность после разрыва АА составляет 45-65% [7-10]. Предупреждение осложнений, возникающих при клипировании АА, также являются важной задачей в нейрохирургии. Осложнения клипирования АА возникают в 4,3-31% наблюдений [11, 12], при этом в 60% являются следствием недостаточной интраоперационной визуализации ввиду частичной или полной недоступности АА и проходящих рядом артериальных ветвей осмотру через микроскоп перед клипированием [13]. Процент неполного клипирования шейки аневризмы достигает 4-19% [14-18], а непреднамеренное выключение несущего сосуда и перфорантов – 0,3-12%, повторный разрыв остаточной части мешка аневризмы выявляется в 4% случаев [14, 15, 17-19]. Широко применяемая интраоперационная флуоресцентная видеоангиография (ИФВА) с индоцианином зеленым (ИЗ) позволяет достоверно подтвердить правильность наложения клипсы на шейку АА и ее полное выключение, при этом выявить компрессию клипсом афферентных,

эфферентных и перфорирующих артерий [20-22]. В 2003 г. А. Raabe и соавт. впервые успешно применили методику интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии с индоцианином зеленым. Интраоперационная флуоресцентная видеоангиография – дешевая, практичная, легко применимая в рутинной нейрохирургической работе технология. Совпадение данных ИФВА с результатами, полученными с помощью более дорогих и трудоемких методов исследования, достигает 90-100% при выполнении микрохирургического клипирования АА [23, 24].

Цель исследования – изучить эффективность применения методов интраоперационной оценки кровотока, контроля клипирования аневризм у пациентов с нервавшими артериальными аневризмами средней мозговой артерии (СМА).

Материал и методы

Объектом настоящего исследования послужили 142 пациента с нервавшими аневризмами СМА, которым проводилось микрохирургическое клипирование АА в РНПЦ неврологии и нейрохирургии с 2018 по 2022 гг.

Критерии исключения из исследования: рвавшиеся аневризмы сосудов головного мозга, нервавшиеся АА сегмента М1 СМА, отсроченная церебральная ишемия, инфаркт мозга, геморрагический инсульт, каверномы, онкологические, дегенеративные, воспалительные заболевания головного мозга, инфекционные заболевания в острой и хронической стадиях, психические заболевания, расстройства сознания различной степени выраженности, декомпенсированная патология органов сердечно-сосудистой и дыхательной систем,

цирроз печени с явлениями портальной гипертензии, сахарный диабет с отсутствием эффекта от введения инсулина, тяжелая хроническая почечная недостаточность, беременность. Пациенты были разделены на 2 группы по методам использования интраоперационной диагностики кровотока и контроля микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга:

1 группа (контрольная) – 35 пациентов, которым проводили визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа.

2 группа (основная) – 107 пациентов, у которых визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа был дополнен использованием ИФВА с ИЗ.

При микрохирургическом клипировании артериальной аневризмы средней мозговой артерии пациента укладывали на операционном столе на спину, голову запрокидывали книзу на 5-10° от горизонтальной линии и поворачивали на 45° в противоположную сторону от аневризмы. Так же, как и при микрохирургическом клипировании аневризмы супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии выполняли птериональную трепанацию. Выделение аневризмы СМА выполняли трансильбиевым или переднебоковым субфронтальным доступами. При трансильбиевом доступе рассекали арахноидальную оболочку латеральной цистерны по направлению сверху вниз и снаружи внутрь, выделяли дистальный сегмент М1, М2 сегменты и шейку аневризмы. При переднебоковом субфронтальном доступе вскрывали арахноидальную оболочку каротидной цистерны, хиазмальную цистерну с выделением ствола внутренней сонной артерии (ВСА) до её развилки, рассекали арахноидальную оболочку латеральной цистерны, выделяли проксимальный участок сегмента М1 СМА, затем весь ствол СМА. Выбирали место временного клипирования сегмента М1 СМА. На аневризму при помощи клипсодержателя накладывали клипс Язаргила под визуальным контролем операционного микроскопа. Для контроля радикальности клипирования аневризмы и выявления компрессии клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий проводили ИФВА с ИЗ при помощи нейрохирургического микроскопа Leica M720 OH5 с модулем Leica FL800. Для этого из операционного поля убирали ватники, сгустки крови, фрагменты гемостатического материала и прочие агенты, закрывающие

сосуды, и вводили в центральную вену контраст. Через 8-10 с. оценивали контрастирование сосудов. При этом если выявляли заполнение контрастом мешка аневризмы, то переустанавливали клипс Язаргила или устанавливали дополнительный клипс на шейку, мешок аневризмы с последующим повторным выполнением ИФВА с ИЗ до тех пор, пока не достигали радикальности клипирования аневризмы. Если выявляли незаполнение контрастом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий, то выполняли так же переустановку клипса Язаргила до тех пор, пока не достигали прохождения контраста по вышеуказанным сосудам. В конце оперативного вмешательства твердую мозговую оболочку герметично ушивали. Костный лоскут укладывали на место дефекта черепа и фиксировали костными швами либо краниофиксами. Затем послойно ушивали мягкие ткани головы, накладывали асептическую марлевую повязку. Пациент продолжал лечение в условиях стационара.

После операции выполняли контрольные СКТ-ангиографию на аппарате Discovery CT 750HD или МРТ ангиографию головного мозга на аппарате Discovery MR750w 3.0 T, Discovery MR450w 1.5 T.

Статистический анализ полученных данных выполнен с использованием программы Statistica 12.0. Количественные переменные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($\text{Mean} \pm \text{SD}$), а также медианы (Median) и межквартильного интервала (IQR – Interquartile Range). Сравнительный анализ количественных признаков, имеющих нормальное распределение, проводили по t-критерию Стьюдента. Если распределение параметров отличалось от нормального, то использовали U-критерий Манна-Уитни. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных частот и относительных долей. Для сравнения качественных признаков, попадающих в каждую категорию, применяли критерий хи-квадрат Пирсона. Пороговый уровень статистической значимости принят для $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Возраст всех пациентов 2-х групп составил $54,5 \pm 9,4$ года (минимум – 28 лет, максимум – 72 года), из них 50 (35,2%) мужчины и 92 (64,8%) женщины. По данным методов нейровизуализации (СКТ-АГ, МРТ-АГ, церебральной ангиографии) размер АА в наибольшем измерении у них

Таблица 1 – Общая характеристика пациентов

Показатели	Пациенты с нервавшими аневризмами средней мозговой артерии, которым проводилось микрохирургическое клипирование аневризм, n=142
Возраст, лет	54,5±9,4
Пол	
Мужчины, абс. (%)	50 (35,2%)
Женщины, абс. (%)	92 (64,8%)
Размер АА в наибольшем измерении, мм	7,14±3,06
малая (милиарная) – до 4 мм	4 (2,8%)
средняя – 5-14 мм	132 (93%)
большая – 15-24 мм	6 (4,2%)
гигантская – 25 мм и более	0
АА одиночные, абс (%)	96 (67,6%)
АА множественные, абс (%)	46 (32,4%)

Таблица 2 – Сравнительная характеристика пациентов 1-й и 2-ой групп

Показатель	Контрольная группа, n=35	Основная группа, n=107	Статистическая значимость различий
Возраст, лет	52,97±9,48	54,98±9,4	U=1659, p=0,31
Пол			
мужчины, абс. (%)	15 (42,9%)	35 (32,7%)	$\chi^2=1,19$, p=0,28
женщины, абс. (%)	20 (57,1%)	72 (67,3%)	
АА одиночные, абс (%)	24 (68,6%)	72 (67,3%)	$\chi^2=0,2$, p=0,28
АА множественные, абс (%)	11 (31,4%)	35 (32,7%)	
Размер АА в наибольшем измерении, мм	6,99±2,9	7,18±3,13	U=1839, p=0,87
Размер АА в наибольшем измерении, мм			
малая (милиарная) – до 4 мм	0	4 (3,7%)	$\chi^2=1,346$, p=0,25
средняя – 5-14 мм	34 (97,1%)	98 (96,1%)	$\chi^2=1,243$, p=0,27
большая – 15-24 мм	1 (2,9%)	5 (4,7%)	$\chi^2=0,215$, p=0,64
гигантская – 25 мм и более	0	0	-

Примечание: U – критерий Манна-Уитни, χ^2 – критерий хи-квадрата Пирсона.

составил 7,14±3,06 мм, множественные аневризмы выявлены у 46 (32,4%) пациентов, одиночные АА – у 96 (67,6%) пациентов. Общая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

На момент госпитализации пациенты обеих групп не отличались между собой по полу (p=0,31). В основной группе женщин больше, чем мужчин (67,3% и 32,7% соответственно). В контрольной группе преобладание женщин выражено не так сильно (57,1%, и 42,9% мужчин). Возраст в группах сравнения оказался полностью сопоставим. В контрольной и основной группе множественные аневризмы встречаются примерно с одинаковой частотой (31,4% и 32,7% соответственно). Размер аневризмы также статистически не различается в контрольной и основной группе. В контрольной и основной группах преобладает средний размер (97,1% и 96,1% соответственно),

большой встречается значительно реже (2,9% и 4,7% соответственно), гигантский не встречается ни в одной из групп. При этом в основной группе, в отличие от контрольной, встречается малый размер (3,7%). Сравнительная характеристика пациентов обеих групп представлена в таблице 2.

При сравнительном анализе оценки радикальности клипирования АА СМА установлено, что в 1-й группе радикальность отмечена в 22 (81,5%) случаях, а во 2-й группе – в 78 (96,3%) случаях. Различия между 1-й и 2-й группами статистически значимые (p=0,023). У 8-и (7,5%) пациентов после клипирования аневризмы и проведения ИФВА с ИЗ выявлено неполное клипирование шейки аневризмы, что потребовало переложить клипс у 5-и (4,7%) пациентов и установить дополнительный клипс у 3-х (2,8%) пациентов. У 5-и (4,7%) пациентов выявлена компрессия клип-

Таблица 3 – Сравнение результатов оценки радикальности клипирования аневризм средней мозговой артерии в 1-й и 2-й группах

Радикальность клипирования АА	Контрольная группа, n=35	Основная группа, n=107	P-value
Да	22 (81,5%)	78 (96,3%)	0,023
Нет	5 (18,5%)	3 (3,7%)	

сом сегмента М2 СМА, что потребовало выполнить репозицию клипса Язаргила. У 2-х (5,7%) пациентов, которым проводили визуальный осмотр области клипирования АА СМА только с помощью нейрохирургического микроскопа, выявлена явная компрессия клипсом сегмента М2 СМА, что потребовало выполнить репозицию клипса Язаргила. Сравнение результатов оценки

радикальности клипирования АА СМА в 1-й и 2-й группах представлено в таблице 3.

Для наглядности применения ИФВА с ИЗ представлен случай радикального клипирования мешотчатой аневризмы деления сегмента М1 СМА (рис. 1-5).

Для повышения эффективности радикальности клипирования разработан алгоритм ин-

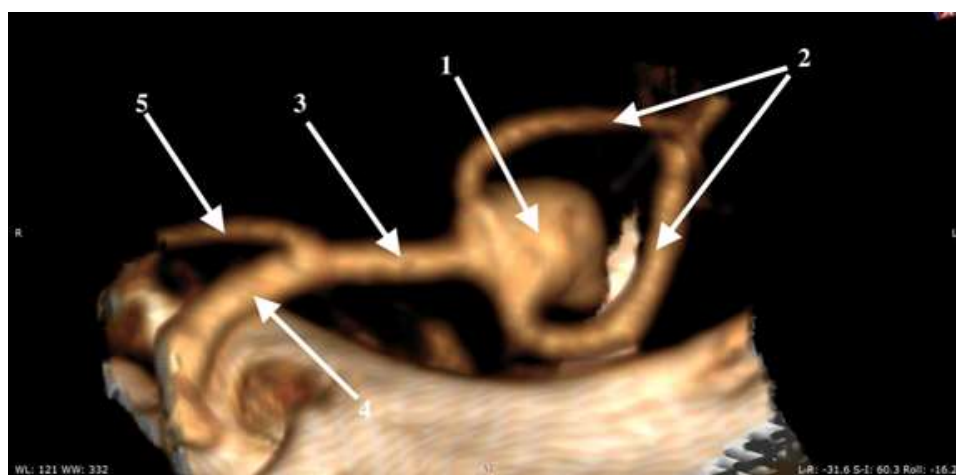


Рисунок 1 – Спиральная компьютерная томографическая ангиография головного мозга до операции:
1 – мешок аневризмы деления сегмента М1 СМА; 2 – сегменты М2 СМА; 3 – сегмент М1 СМА;
4 – внутренняя сонная артерия (ВСА); 5 – сегмент А1 передней мозговой артерии (ПМА)

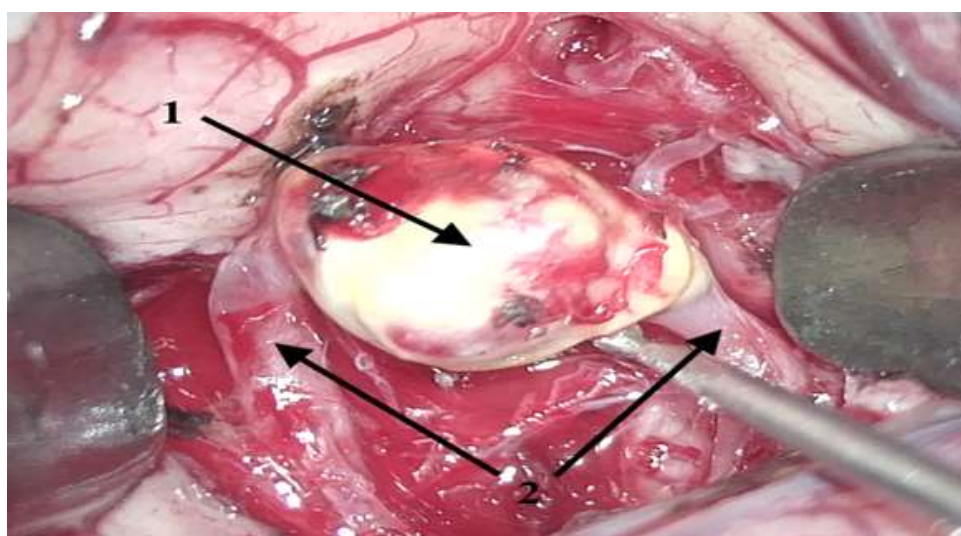


Рисунок 2 – Снимок, выполненный до клипирования АА: 1 – мешок аневризмы развилки сегмента М1 СМА;
2 – сегменты М2 СМА

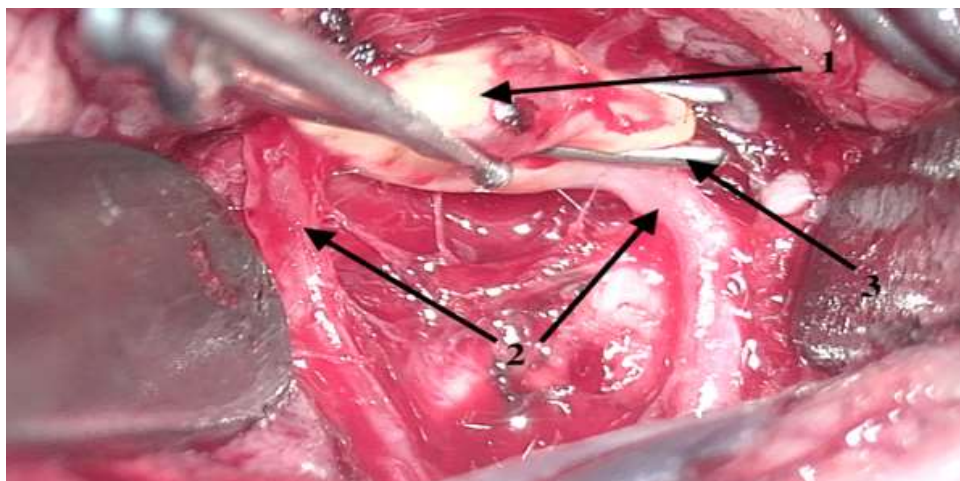


Рисунок 3 – Снимок, выполненный после клипирования артериальной аневризмы: 1 – мешок аневризмы развилки сегмента M1 СМА; 2 – сегменты M2 СМА; 3ф – клипс Язаргила на шейке аневризмы развилки сегмента M1 СМА

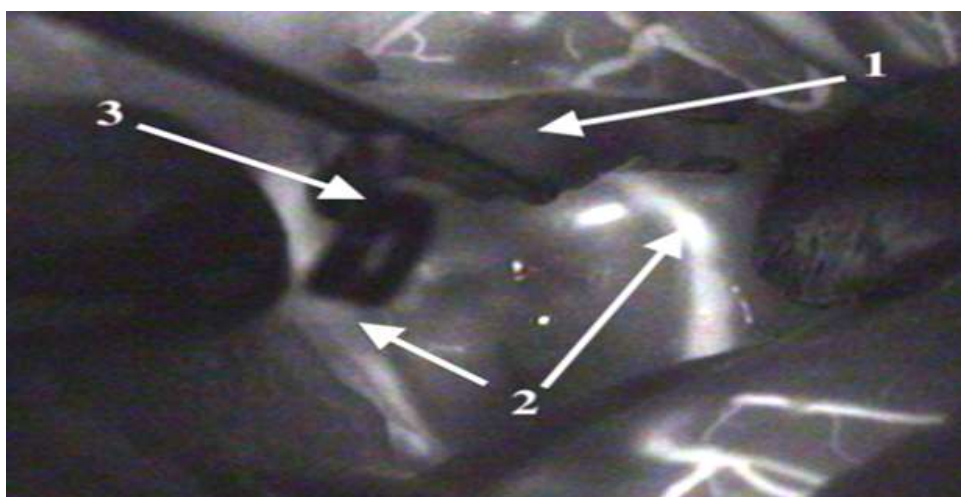


Рисунок 4 – Снимок, выполненный после введения индоцианина зеленого: 1 – мешок аневризмы развилки сегмента M1 СМА; 2 – сегменты M2 СМА; 3 – клипс Язаргила на шейке аневризмы развилки сегмента M1 СМА (радикальное клипирование)

траоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм СМА во время оперативного вмешательства (см. алгоритм).

Заключение

Применение интраоперационной флюоресцентной видеоангиографии при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм средней мозговой артерии повышает радикальность клипирования АА с 81,5% до 96,3% ($p=0,023$).

Алгоритм интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм СМА во время оперативного вмешательства позволяет достигнуть радикальности

клипирования аневризмы и устранить компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий.

Литература

1. Stehbens, W. E. Aneurysms and anatomical variation of cerebral arteries / W. E. Stehbens // Arch. Pathol. 1963. Vol. 75. P. 45–64.
2. Stehbens, W. E. Pathology of the Cerebral Blood Vessels / W. E. Stehbens. St. Louis : Mosby, 1972. 661 p.
3. Chason, J. L. Berry aneurysms of the circle of Willis: results of a planned autopsy study / J. L. Chason, W. M. Hindman // Neurology. 1958 Jan. Vol. 8, N 1. P. 41–44. doi: 10.1212/wnl.8.1.41
4. Housepian, E. M. A systematic analysis of intracranial aneurysms from the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956 / E. M. Housepian, J. L. Pool // J. Neuropathol.

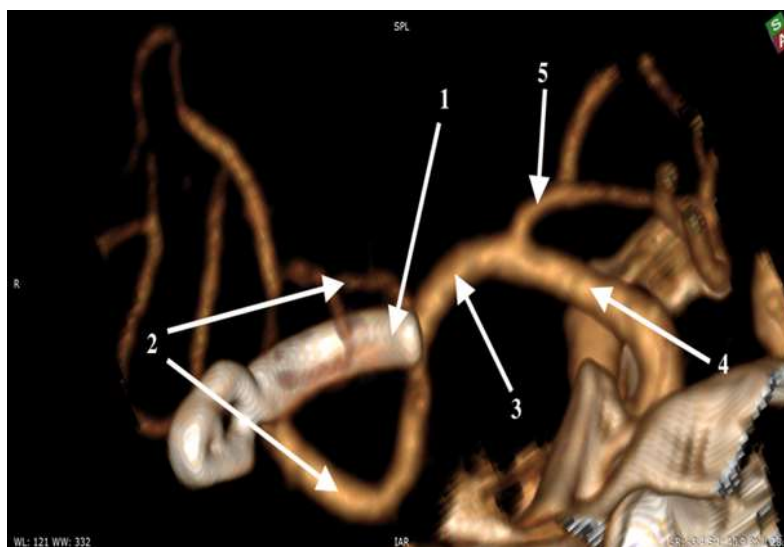
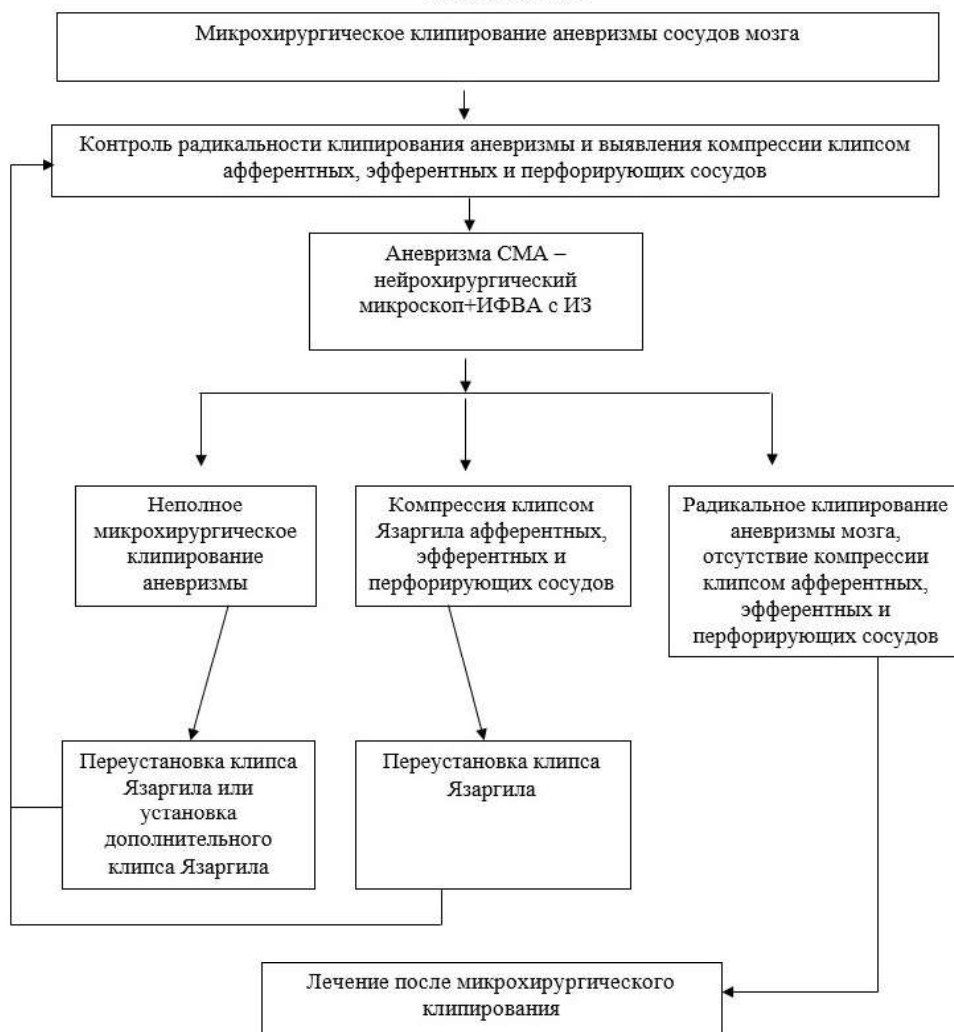


Рисунок 5 – Спиральная компьютерная томографическая ангиография головного мозга после операции:
 1 – клипс Язаргила на шейке аневризмы деления сегмента M1 CMA; 2 – сегменты M2 CMA;
 3 – сегмент M1 CMA; 4 – BCA; 5 – сегмент A1 ПМА

Алгоритм интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм супраклиноидного отдела ВСА во время оперативного вмешательства



- Exp. Neurol. 1958 Jul. Vol. 17, N 3. P. 409–423. doi: 10.1097/00005072-195807000-00001
5. Ribourtout, E. Gene Therapy and Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms / E. Ribourtout, J. Raymond // Stroke. 2004 Mar. Vol. 35, N 3. P. 786–793. doi: 10.1161/01.STR.0000117577.94345.CC
6. Терехов, В. С. Цереброваскулярные артериальные аневризмы и артериовенозные мальформации в Республике Беларусь: клиническая эпидемиология и эпидемиологическое прогнозирование / В. С. Терехов // Мед. журн. 2011. № 2. С. 111–117.
7. Aneurysm size: a prognostic factor for rupture / Y. Orz [et al.] // Br. J. Neurosurg. 1997 Apr. Vol. 11, N 2. P. 144–149. doi: 10.1080/02688699746500
8. Orz, Y. The impact of size and location on rupture of intracranial aneurysms / Y. Orz, M. AlYamany // Asian J. Neurosurg. 2015 Jan-Mar. Vol. 10, N 1. P. 26–31. doi: 10.4103/1793-5482.144159
9. Broderick, J. P. Stroke trends in Rochester, Minnesota, during 1945 to 1984 / J. P. Broderick // Ann. Epidemiol. 1993 Sep. Vol. 3, N 5. P. 476–479. doi: 10.1016/1047-2797(93)90099-p
10. Fogelholm, R. Impact of early surgery on outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage A population-based study / R. Fogelholm, J. Hernesniemi, M. Vapalahti // Stroke. 1993 Nov. Vol. 24, N 11. P. 1649–1654. doi: 10.1161/01.str.24.11.1649
11. Сакович, В. П. Новые аспекты этиологии и открытой хирургии интракраниальных аневризм / В. П. Сакович, В. С. Колотвинов, Е. Р. Лебедева. Екатеринбург : УГМА, 2007. 220 с.
12. Крылов, В. В. Факторы риска хирургического лечения аневризм средней мозговой артерии в остром периоде кровоизлияний / В. В. Крылов, А. В. Природов // Нейрохирургия. 2011. № 1. С. 31–41.
13. Крылов, В. В. Интраоперационные факторы риска в хирургии церебральных аневризм / В. В. Крылов, И. М. Годков, П. Г. Генев // Нейрохирургия. 2009. № 2. С. 24–33.
14. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies / T. D. Alexander [et al.] // Neurosurgery. 1996 Jul. Vol. 39, N 1. P. 10–17. doi: 10.1097/00006123-199607000-00004
15. Natural history of post-operative aneurysm rests / I. Feuerberg [et al.] // J. Neurosurg. 1987 Jan. Vol. 66, N 1. P. 30–34. doi: 10.3171/jns.1987.66.1.0030
16. Causes of morbidity and mortality after ruptured aneurysm surgery in a series of 230 patients. The importance of control angiography / F. Proust [et al.] // Stroke. 1995 Sep. Vol. 26, N 9. P. 1553–1557. doi: 10.1161/01.str.26.9.1553
17. Rauzzino, M. J. Angiography after aneurysm surgery: indications for “selective” angiography / M. J. Rauzzino, C. M. Quinn, W. S. Fisher // Surg. Neurol. 1998 Jan. Vol. 49, N 1. P. 32–40. doi: 10.1016/s0090-3019(97)00035-9
18. Macdonald, R. Role of angiography following aneurysm surgery / R. Macdonald, M. Wallace, J. Kestle // J. Neurosurg. 1993 Dec. Vol. 79, N 6. P. 826–832. doi: 10.3171/jns.1993.79.6.0826
19. Sindou, M. Aneurysmal remnants after microsurgical clipping: classification and results from a prospective angiographic study (in a consecutive series of 305 operated intracranial aneurysms) / M. Sindou, J. C. Acevedo, F. Turjman // Acta Neurochir. (Wien). 1998. Vol. 140, N 11. P. 1153–1159. doi: 10.1007/s007010050230
20. Essentials in intraoperative indocyanine green videoangiography assessment for intra-cranial aneurysm surgery: conclusions from 295 consecutively clipped aneurysms and review of the literature / K. Roessler [et al.] // Neurosurg. Focus. 2014 Feb. Vol. 36, N 2. P. E7. doi: 10.3171/2013.11.FOCUS13475
21. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery / C. W. Washington [et al.] // J. Neurosurg. 2013 Feb. Vol. 118, N 2. P. 420–427. doi: 10.3171/2012.10.JNS11818
22. Intraoperative assessment of aneurysm clip placement by intravenous fluorescein angiography / C. J. Wrobel [et al.] // Neurosurgery. 1994 Nov. Vol. 35, N 5. P. 970–973. doi: 10.1227/00006123-199411000-00027
23. Fischer, G. Near-infrared indocyanine green videoangiography versus microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery / G. Fischer, A. Stadie, J. M. K. Oertel // Acta Neurochir. (Wien). 2010 Sep. Vol. 152, N 9. P. 1519–1525. doi: 10.1007/s00701-010-0723-5
24. Value of indocyanine green videoangiography in deciding the completeness of cerebrovascular surgery / H. S. Moon [et al.] // J. Korean Neurosurg. Soc. 2013 Jun. Vol. 53, N 6. P. 349–355. doi: 10.3340/jkns.2013.53.6.349

Поступила 05.08.2024 г.

Принята в печать 18.10.2024 г.

References

1. Stehbins WE. Aneurysms and anatomical variation of cerebral arteries. Arch Pathol. 1963;75(45-64).
2. Stehbins WE. Pathology of the Cerebral Blood Vessels. St. Louis: Mosby; 1972. 661 p.
3. Chason JL, Hindman WM. Berry aneurysms of the circle of Willis: results of a planned autopsy study. Neurology. 1958 Jan;8(1):41-44. doi: 10.1212/wnl.8.1.41
4. Housepian EM, Pool JL. A systematic analysis of intracranial aneurysms from the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956. J Neuropathol Exp Neurol. 1958 Jul;17(3):409-23. doi: 10.1097/00005072-195807000-00001
5. Ribourtout E, Raymond J. Gene Therapy and Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms. Stroke. 2004 Mar;35(3):786-93. doi: 10.1161/01.STR.0000117577.94345.CC
6. Terekhov VS. Cerebrovascular arterial aneurysms and arteriovenous malformations in the Republic of Belarus: clinical epidemiology and epidemiologic forecasting. Med Zhurn. 2011;(2):111-7. (In Russ.)
7. Orz Y, Kobayashi S, Osawa M, Tanaka Y. Aneurysm size: a prognostic factor for rupture. Br J Neurosurg. 1997 Apr;11(2):144-9. doi: 10.1080/02688699746500
8. Orz Y, AlYamany M. The impact of size and location on rupture of intracranial aneurysms. Asian J Neurosurg. 2015 Jan-Mar;10(1):26-31. doi: 10.4103/1793-5482.144159
9. Broderick JP. Stroke trends in Rochester, Minnesota, during

- 1945 to 1984. *Ann Epidemiol.* 1993 Sep;3(5):476-9. doi: 10.1016/1047-2797(93)90099-p
10. Fogelholm R, Hernesniemi J, Vapalahti M. Impact of early surgery on outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. A population-based study. *Stroke.* 1993 Nov;24(11):1649-54. doi: 10.1161/01.str.24.11.1649
11. Sakovich VP, Kolotvinov VS, Lebedeva ER. New aspects of etiology and open surgery of intracranial aneurysms. Yekaterinburg, RF: UGMA; 2007. 220 p. (In Russ.)
12. Krylov VV, Prirodov AV. Risk factors for surgical treatment of middle cerebral artery aneurysms in the acute period of hemorrhage. *Neirokhirurgiya.* 2011;(1):31-41. (In Russ.)
13. Krylov VV, Godkov IM, Genov PG. Intraoperative risk factors in cerebral aneurysm surgery. *Neirokhirurgiya.* 2009;(2):24-33. (In Russ.)
14. Alexander TD, Macdonald RL, Weir B, Kowalczyk A. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurgery.* 1996 Jul;39(1):10-7. doi: 10.1097/00006123-199607000-00004
15. Feuerberg I, Lindquist C, Lindqvist M, Steiner L. Natural history of post-operative aneurysm rests. *J Neurosurg.* 1987 Jan;66(1):30-4. doi: 10.3171/jns.1987.66.1.0030
16. Proust F, Hannequin D, Langlois O, Freger P, Creissard P. Causes of morbidity and mortality after ruptured aneurysm surgery in a series of 230 patients. The importance of control angiography. *Stroke.* 1995 Sep;26(9):1553-7. doi: 10.1161/01.str.26.9.1553
17. Rauzzino MJ, Quinn CM, Fisher WS. Angiography after aneurysm surgery: indications for "selective" angiography. *Surg Neurol.* 1998 Jan;49(1):32-40. doi: 10.1016/s0090-3019(97)00035-9
18. Macdonald R, Wallace M, Kestle J. Role of angiography following aneurysm surgery. *J Neurosurg.* 1993 Dec;79(6):826-32. doi: 10.3171/jns.1993.79.6.0826
19. Sindou M, Acevedo JC, Turjman F. Aneurysmal remnants after microsurgical clipping: classification and results from a prospective angiographic study (in a consecutive series of 305 operated intracranial aneurysms). *Acta Neurochir (Wien).* 1998;140(11):1153-9. doi: 10.1007/s007010050230
20. Roessler K, Krawagna M, Dörfler A, Buchfelder M, Ganslandt O. Essentials in intraoperative indocyanine green videoangiography assessment for intra-cranial aneurysm surgery: conclusions from 295 consecutively clipped aneurysms and review of the literature. *Neurosurg Focus.* 2014 Feb;36(2):E7. doi: 10.3171/2013.11.FOCUS13475
21. Washington CW, Zipfel GJ, Chicoine MR, Derdeyn CP, Rich KM, Moran CJ, et al. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery. *J Neurosurg.* 2013 Feb;118(2):420-7. doi: 10.3171/2012.10.JNS11818
22. Wrobel CJ, Meltzer H, Lamond R, Alksne JF. Intraoperative assessment of aneurysm clip placement by intravenous fluorescein angiography. *Neurosurgery.* 1994 Nov;35(5):970-3. doi: 10.1227/00006123-199411000-00027
23. Fischer G, Stadie A, Oertel JMK. Near-infrared indocyanine green videoangiography versus microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery. *Acta Neurochir (Wien).* 2010 Sep;152(9):1519-25. doi: 10.1007/s00701-010-0723-5
24. Moon HS, Joo SP, Seo BR, Jang JW, Kim JH, Kim TS. Value of indocyanine green videoangiography in deciding the completeness of cerebrovascular surgery. *J Korean Neurosurg Soc.* 2013 Jun;53(6):349-55. doi: 10.3340/jkns.2013.53.6.349

Submitted 05.08.2024

Accepted 18.10.2024

Сведения об авторах:

А.И. Ахремчук – врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №2, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии,
e-mail: ahremen@mail.ru – Ахремчук Антон Игоревич.

Information about authors:

A.I. Ahremchuk – neurosurgeon of the neurosurgical department №2, Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery,
e-mail: ahremen@mail.ru – Anton I. Ahremchuk.