



<https://doi.org/10.34883/PI.2024.14.3.045>
УДК 616.133.33-007.64-089.81



Ахремчук А.И.✉, Сидорович Р.Р.

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии,
Минск, Беларусь

Комплексное применение методов интраоперационного контроля корректности микрохирургического клипирования нервавшихся аневризм средней мозговой артерии

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Ахремчук А.И. – концепция исследования, обзор литературы, написание статьи; Сидорович Р.Р. – концепция и дизайн исследования, редактирование.

Подана: 07.06.2024

Принята: 03.09.2024

Контакты: ahremen@mail.ru

Резюме

Введение. Одна из значимых проблем в хирургии церебральных артериальных аневризм (АА) – осложнения, возникающие при их клипировании, к которым относят неполное выключение аневризмы из кровотока, компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий. Для решения этой проблемы необходимо применять методы интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования АА.

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

Материалы и методы. В исследование были включены 142 пациента с нервавшимися аневризмами СМА, которым проводилось микрохирургическое клипирование аневризм; пациенты разделены на 4 группы по методам использования интраоперационной диагностики кровотока и контроля микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга. Использовали клинические шкалы для оценки тяжести состояния пациента: NIHSS, Всемирной федерации нейрохирургов (WFNS), шкалу комы Глазго, шкалу исходов Глазго, модифицированную шкалу Рэнкина; проводили подсчет объема ишемического инсульта по шкале ASPECTS.

Результаты. Установлено, что комплексное применение ультразвуковой флоуметрии и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии в группе пациентов при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм СМА, в сравнении с группой пациентов, у которых не использовали методы интраоперационного контроля, уменьшает частоту развития ишемии головного мозга ($p < 0,001$), снижает выраженность неврологических нарушений ($p = 0,003$, $p = 0,03$), улучшает состояние пациентов ($p = 0,003$), обеспечивает сокращение длительности послеоперационного лечения ($p < 0,001$), повышает качество жизни пациентов ($p < 0,001$), уменьшает степень их инвалидизации ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, где использовали только флуоресцентную видеоангиографию, снижает выраженность

неврологических нарушений ($p=0,03$), уменьшает частоту развития ишемии головного мозга ($p<0,001$), обеспечивает сокращение длительности послеоперационного лечения ($p<0,001$), повышает качество жизни пациентов ($p=0,01$), уменьшает степень их инвалидизации ($p=0,01$); в сравнении с группой пациентов, которым выполняли ультразвуковую доплерографию и флуоресцентную видеоангиографию, уменьшает частоту развития ишемии головного мозга ($p=0,001$), обеспечивает сокращение длительности послеоперационного лечения ($p=0,04$). Комплексное применение интраоперационной ультразвуковой доплерографии и флуоресцентной видеоангиографии в группе пациентов при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм СМА при сравнении с группой пациентов, где не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, снижает выраженность неврологических нарушений ($p=0,02$), улучшает состояние пациентов ($p=0,03$), сокращает длительность послеоперационного лечения ($p<0,001$), повышает качество жизни пациентов после микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга ($p=0,01$), снижает степень их инвалидизации ($p=0,01$).

Заключение. Комплексное применение интраоперационной ультразвуковой флоуметрии и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии для интраоперационной оценки церебрального кровотока у пациентов при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм СМА имеет достоверные преимущества при сравнении применения комплекса интраоперационной ультразвуковой доплерографии и флуоресцентной видеоангиографии, применения только флуоресцентной видеоангиографии и является комплексом выбора. В качестве резервного метода предлагается использование комплекса интраоперационной ультразвуковой доплерографии и флуоресцентной видеоангиографии при клипировании нервавшихся аневризм СМА.

Ключевые слова: клипирование аневризм сосудов головного мозга, интраоперационная ультразвуковая флоуметрия, интраоперационная ультразвуковая доплерография, индоцианин зеленый

Ahremchuk A.✉, Sidorovich R.

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

A Comprehensive Application of Intraoperative Monitoring Methods for Proper Microsurgical Clipping of Unruptured Middle Cerebral Artery Aneurysms

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Ahremchuk A. – study concept, literature review, text writing; Sidorovich R. – study concept and design, editing.

Submitted: 07.06.2024

Accepted: 03.09.2024

Contacts: ahremen@mail.ru

Abstract

Introduction. One of the significant challenges in the surgery of cerebral arterial aneurysms (AA) are complications arising during their clipping, including incomplete disconnection



of the aneurysm from the blood flow, as well as compression of afferent, efferent and perforating arteries by the clip. To manage this issue, intraoperative monitoring methods of blood flow assessment and AA clipping control should be applied.

Purpose. To study the efficacy of intraoperative blood flow assessment and aneurysm clipping control methods in patients with unruptured middle cerebral artery aneurysm.

Materials and methods. The study included 142 patients with unruptured middle cerebral artery (MCA) aneurysms who underwent microsurgical clipping of aneurysms. They were divided into 4 groups by methods of using intraoperative diagnostics of blood flow and control of microsurgical clipping of cerebral aneurysms. Clinical scales were used to assess the severity of the patient's condition, such as: NIHSS, World Federation of Neurological Surgeons (WFNS), Glasgow Coma Scale, Glasgow Outcome Scale, modified Rankin Scale; the volume of ischemic stroke was calculated using the ASPECTS scale.

Results. It was established that a comprehensive application of ultrasound flowmetry and intraoperative fluorescence video angiography during microsurgical clipping of unruptured MCA aneurysms, in comparison with the group of patients who did not underwent intraoperative control methods, reduces the frequency of cerebral ischemia development ($p<0.001$), reduced the severity of neurological disorders ($p=0.003$, $p=0.03$), improved patients' conditions ($p=0.003$), provided reduction of postoperative treatment duration ($p<0.001$), improves patients' quality of life ($p<0.001$), reduced degrees of patients' disability ($p<0.001$); in comparison with the group of patients to whom only fluorescence video angiography was applied, it reduced the severity of neurological disorders ($p=0.03$) and the incidence of cerebral ischaemia ($p<0.001$), provided a reduction in the duration of postoperative treatment ($p<0.001$), improved patients' quality of life ($p=0.01$), reduced degrees of patients' disability ($p=0.01$); the use of ultrasound Doppler ultrasonography and fluorescence video angiography decreased the incidence of cerebral ischemia ($p=0.001$), and reduced the duration of postoperative treatment ($p=0.04$). Complex application of intraoperative ultrasound Doppler ultrasonography and fluorescent video angiography during microsurgical clipping of neovascular aneurysms of the middle cerebral artery in comparison with the group of patients who did not underwent methods of intraoperative blood flow control, reduced the severity of neurological disorders ($p=0.03$, $p=0.02$), improved patients' conditions ($p=0.03$), reduced the duration of postoperative treatment ($p<0.001$), improved the patients' quality of life after microsurgical clipping of cerebral aneurysms ($p=0.01$), and reduced degrees of patients' disability ($p=0.01$).

Conclusion. A comprehensive application of intraoperative ultrasound flowmetry and intraoperative fluorescence video angiography for intraoperative assessment of cerebral blood flow in patients during microsurgical clipping of unruptured MCA aneurysms has clear advantages when comparing with intraoperative ultrasound Doppler ultrasonography and fluorescence video angiography, and with fluorescence video angiography alone, being a combination of choice, a comprehensive use of intraoperative ultrasound Doppler ultrasonography and fluorescence video angiography in clipping of neural aneurysms of SMA being suggested as a backup method.

Keywords: clipping of cerebral aneurysms, intraoperative ultrasonic flowmetry, intraoperative Doppler ultrasonography, indocyanine green

■ ВВЕДЕНИЕ

Одна из значимых проблем в хирургии церебральных артериальных аневризм (АА) – осложнения, возникающие при их клипировании, к которым относят неполное выключение аневризмы из кровотока, компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий. Ишемия головного мозга по данным неврологического осмотра, проведенного в первые часы после клипирования АА, составляет 40–45%. У пациентов с ишемией головного мозга послеоперационная летальность возрастает в 3–3,5 раза [1, 2]. При операциях клипирования церебральных АА важно полностью перекрыть шейку аневризмы, сохранив при этом проходимость несущего сосуда и отходящие от него перфоранты и ветви. Визуальная оценка корректности клипирования шейки аневризмы, проходимости несущих аневризму артерий и функционально значимых ветвей позволяет в определенной степени судить о гемодинамической ситуации после наложения клипса.

Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия как метод измерения объемной скорости кровотока при операциях на аневризмах была впервые описана F. Charbel и соавт. в 1998 г. Методика использовалась как альтернатива контактной ультразвуковой доплерографии (КУЗДГ), позволяя в интраоперационных условиях оценивать кровоток в артериях до и после клипирования АА. Корректность показаний ультразвуковой флоуметрии (УЗФЛ) мало зависит от угла инсонации, атеросклероза стенки и прочих факторов, которые искажают показания КУЗДГ. Принципиальным преимуществом УЗФЛ является измерение объемной скорости кровотока (мл/мин), в отличие от линейной скорости (см/с), регистрируемой при КУЗДГ [3–7]. Таким образом, как ранее продемонстрировал F. Charbel, УЗФЛ стала ценным диагностическим методом в хирургии аневризм, позволяя *in situ* решать вопросы тактики вмешательств. В то же время УЗФЛ имеет определенные технические ограничения: большой размер датчиков позволяет исследовать только достаточно крупные и полностью выделенные артерии [8–11].

В 2003 г. A. Raabe и соавт. впервые успешно применили методику интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии (ИФВА) с индоцианином зеленым (ИЗ). 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 [12, 13]. Интраоперационная флуоресцентная видеоангиография позволяет достоверно подтвердить правильность наложения клипса на шейку АА и ее полное выключение, при этом выявить компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий. Основным недостатком метода представляется визуализация только сосудов в пределах прямой видимости, что снижает его чувствительность и может приводить к ложноотрицательным результатам [14–17]. Повторные введения красителя в течение короткого периода времени также могут привести к ложнопозитивным результатам [18–21]. Атеросклеротические бляшки, утолщенные или кальцинированные стенки аневризмы – факторы возможного ослабления сигнала флуоресценции, что затрудняет идентификацию резидуального заполнения аневризматического мешка [22–25]. Надо помнить о возможности ретроградного заполнения ветвей дистальнее аневризмы [26].



Ультразвуковая доплерография – это высокоинформативный метод ультразвуковой диагностики патологии сосудов, основанный на использовании эффекта Доплера. При помощи КУЗДГ дают количественную оценку кровотока по сосудам либо диагностируют его изменение после наложения клипса на шейку АА, а также верифицируют остаточный кровоток в АА после ее клипирования [27, 28]. При применении КУЗДГ наблюдаются хирургически значимые осложнения в 10–18,9% случаев [29]. Все же важно отметить, что КУЗДГ является самым доступным, экономичным и легко повторяемым методом оценки кровотока. В то же время она не позволяет судить о проходимости мелких перфорирующих артерий, от сохранности которых во многих случаях зависит благоприятный неврологический исход [29].

В данном исследовании для профилактики осложнений, возникающих при клипировании нервавшихся аневризм СМА, применили методы ультразвуковой флоуметрии, контактной ультразвуковой доплерографии и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить эффективность применения методов интраоперационной оценки кровотока, контроля клипирования аневризм у пациентов с нервавшими артериальными аневризмами СМА.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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

Критерии исключения из исследования: рвавшиеся аневризмы сосудов головного мозга, нервавшие 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 4 группы по методам использования интраоперационной диагностики кровотока и контроля микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга:

- 1-я группа (контрольная) – 35 пациентов, которым проводили визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа;
- 2-я группа (основная) – 40 пациентов, у которых визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа был дополнен использованием комплекса ИФВА и УЗФЛ;
- 3-я группа (основная) – 33 пациента, у которых визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа был дополнен использованием комплекса ИФВА и КУЗДГ;
- 4-я группа (основная) – 34 пациента, у которых визуальный осмотр области клипирования АА СМА с помощью нейрохирургического микроскопа был дополнен использованием ИФВА.

Микрохирургическое клипирование артериальных аневризм СМА выполняли в асептических условиях под эндотрахеальным наркозом. Для доступа использовали птериональную трепанацию. Твердую мозговую оболочку вскрывали подковообразно. Далее поэтапно вскрывали оптико-каротидный треугольник, хиазмальную цистерну, мембрану Лиллеквиста, терминальную пластинку III желудочка, силвиеву цистерну с целью дренирования цереброспинальной жидкости и релаксации мозга, а также для создания дополнительной области, позволяющей осуществлять манипуляции микроинструментами и осуществлять динамическую тракцию мозга. Доступ к сегментам СМА, шейке, мешку аневризмы осуществляли путем острой диссекции микроножницами и диссектором. На аневризму при помощи клипсодержателя накладывали клипс Язаргила.

Интраоперационную ультразвуковую флоуметрию выполняли до клипирования аневризмы для получения базового уровня объемного кровотока и после клипирования для подтверждения сохранности потока крови по сосуду. Снижение скорости объемного кровотока в эфферентных сосудах после клипирования аневризмы на 25% по сравнению с исходной скоростью считали нарушением потока крови по сосуду. Интраоперационную ультразвуковую доплерографию также выполняли до наложения клипса и непосредственно после него. При анализе показаний КУЗДГ оценивали изменения средней линейной скорости кровотока (ЛСК), изменение волнового спектра, изменение амплитуды волн, наличие инверсии направления кровотока по сравнению с исходными значениями. Пульсовая волна до клипирования характеризовалась быстрым подъемом и плавным спадом, формы волн и интенсивность сигнала гомогенные, с правильной периодичностью. Возрастание ЛСК по сравнению с исходным значением со снижением интенсивности сигнала в сочетании с удлинением, истончением пики волн, которые принимали острую форму, расценивали как выраженный субкомпенсированный стеноз. Уменьшение ЛСК с изменением пики волн, которые принимали сглаженную форму, расценивали как критический стеноз, отсутствие доплерографического сигнала – как окклюзию сосуда. Если стеноз сосуда незначительный, то изменения показателей КУЗДГ могли быть невыраженными. Далее вводили в центральную вену ИЗ и через 8–10 сек., когда сосуды начинали контрастировать, при помощи нейрохирургического микроскопа Leica M720 OH5 с модулем Leica FL800 оценивали, полностью ли перекрыта шейка аневризмы клипсом, сохранена ли при этом проходимость сегментов СМА, перфорирующих артерий.

После операции анализировали появление и динамику неврологической симптоматики, выполняли контрольную компьютерную томографическую ангиографию (КТА) или магнитно-резонансную ангиографию (МРА) головного мозга. Результаты лечения оценивали на момент выписки.

Методы до- и постоперационных обследований:

- клинические шкалы для оценки тяжести состояния пациента: NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale), Всемирной федерации нейрохирургов (World Federation of Neurosurgical Societies, WFNS), шкала комы Глазго (ШКГ), шкала исходов Глазго (ШИГ), модифицированная шкала Рэнкина (МШР);
- КТА выполняли на аппарате Discovery CT 750HD, МРА – на аппарате Discovery MR750w 3.0 T, Discovery MR450w 1.5 T;
- подсчет объема ишемического инсульта производили по шкалам ASPECTS (Alberta Stroke Program Early CT score – программа Alberta для оценки ранних



КТ-изменений при инсульте), DWI-ASPECTS (Diffusion-Weighted Imaging-Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Scores – программа Alberta для оценки изменений диффузионно-взвешенных изображений МРТ при инсульте).

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 4 групп составил $54,5 \pm 9,4$ года (минимум – 28 лет, максимум – 72 года), из них 50 (35,2%) мужчин и 92 (64,8%) женщины. По данным методов нейровизуализации (СКТ-АГ, МРТ-АГ, церебральная ангиография) размер АА в наибольшем измерении у них составил $7,14 \pm 3,06$ мм, множественные аневризмы выявлены у 46 (32,4%) человек. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Проведен сравнительный анализ пациентов 4 групп, который представлен в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в группах 1 и 3 распределение мужчин и женщин приближается к равномерному (43% и 45% мужчин, 57% и 55% женщин соответственно). При этом различия с группами 1 и 3 незначимы. В группе 2 женщин несколько больше, чем мужчин (65% и 35% соответственно). В группе 4 отмечается значительный сдвиг в сторону большего количества женщин (82% и 18% мужчин). При этом распределение по полу в группе 4 значительно отличается от групп 1 и 3 ($p = 0,02$ и $p = 0,01$ соответственно). Возраст в группах сравнения оказался полностью сопоставим.

Таблица 1
Характеристика пациентов
Table 1
Patients' characteristics

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

Таблица 2

Характеристика пациентов 1-й (контрольной) и 2–4-й (основных) групп

Table 2

Patients’ of 1-st (control) and 2–4-th (main) groups characteristics

Показатель/ характеристика	1-я группа, n=35	2-я группа, n=40	3-я группа, n=33	4-я группа, n=34	Статистическая значимость различий, p-value
Возраст, лет	53±9,5	53±9,9	55,8±8,7	56,5±9,2	1 ¹⁻² 0,22 ¹⁻³ 0,17 ¹⁻⁴ 0,22 ²⁻³ 0,19 ²⁻⁴ 0,85 ³⁻⁴
Пол: женщины, абс. (%)	20 (57%)	26 (65%)	18 (55%)	28 (82%)	0,49 ¹⁻² 0,83 ¹⁻³ 0,02 ¹⁻⁴
мужчины, абс. (%)	15 (43%)	14 (35%)	15 (45%)	6 (18%)	0,36 ²⁻³ 0,09 ²⁻⁴ 0,01 ³⁻⁴
АА одиночные, абс. (%)	24 (69%)	29 (73%)	21 (64%)	22 (65%)	0,71 ¹⁻² 0,67 ¹⁻³ 0,73 ¹⁻⁴
АА множественные, абс. (%)	11 (31%)	11 (28%)	12 (36%)	12 (35%)	0,42 ²⁻³ 0,47 ²⁻⁴ 0,93 ³⁻⁴
Распределение пациентов по размеру АА в наибольшем измерении:					0,16 ¹⁻² 0,58 ¹⁻³ 1 ¹⁻⁴
малая, абс. (%)	0	3 (8%)	1 (3%)	0	
средняя, абс. (%)	34 (97%)	34 (84%)	31 (94%)	33 (97%)	0,48 ²⁻³
большая, абс. (%)	1 (3%)	3 (8%)	1 (3%)	1 (3%)	0,17 ²⁻⁴
гигантская, абс. (%)	0	0	0	0	0,59 ³⁻⁴

Примечания: 1–2 – сравнение групп 1 и 2; 1–3 – сравнение групп 1 и 3; 1–4 – сравнение групп 1 и 4; 2–3 – сравнение групп 2 и 3; 2–4 – сравнение групп 2 и 4; 3–4 – сравнение групп 3 и 4.

Проведена оценка тяжести состояния пациентов до и после операции по различным шкалам во всех группах исследования. Сравнение результатов оценки по шкалам после операции и количество койко-дней, проведенных в нейрохирургическом стационаре, в 4 группах пациентов представлены в табл. 3.

По шкале ком Глазго тяжесть состояния пациентов всех групп до операции составила 15 баллов. Как видно из табл. 3, после операции тяжесть состояния у пациентов 2-й группы оказалась значимо легче, чем у пациентов в 1-й группе (14,8±0,4 против 15 соответственно, р=0,003); в 3-й группе результаты шкалы ком Глазго после операции значимо лучше, чем во 1-й группе (14,8±0,4 против 14,97±0,17 балла соответственно, р=0,03). При сравнении результатов по шкале ком Глазго после операции между 1-й и 4-й, 2-й и 4-й, 3-й и 4-й, 2-й и 3-й группами различий не получено (р>0,05 во всех случаях).

По шкале WFNS тяжесть состояния пациентов до операции была 0 степени во всех группах. После операции различия оказались статистически значимыми между 1-й и 2-й группами (0 (0–0) в 1-й группе против 0 (0–0) во 2-й группе, р=0,003),



1-й и 3-й группами (0 (0–0) в 1-й группе против 0 (0–0) в 3-й группе, $p=0,03$). При сравнении результатов по шкале WFNS после операции между 1-й и 4-й, 2-й и 4-й, 3-й и 4-й, 2-й и 3-й группами различий не получено ($p>0,05$) (табл. 3).

Тяжесть неврологических нарушений у пациентов по шкале NIHSS до микрохирургического клипирования составила 0 баллов во всех группах. После операции различия оказались статистически значимы между 1-й и 2-й группами (0 (0–5) в 1-й группе против 0 (0–0) в 2-й группе, $p<0,001$), 1-й и 3-й группами (0 (0–5) в 1-й группе против 0 (0–0) в 3-й группе, $p=0,02$), 2-й и 4-й группами (0 (0–0) в 2-й группе против 0 (0–0) в 4-й группе, $p=0,03$). При сравнении результатов по шкале NIHSS после операции между 1-й и 4-й, 3-й и 4-й, 2-й и 3-й группами различий не получено ($p>0,05$).

При оценке инвалидизации по модифицированной шкале Рэнкина баллы во 2-й группе были статистически значимо ниже, чем в 1-й группе (1 (0–1) в 1-й группе против 0 (0–0) во 2-й группе, $p<0,001$), чем в 4-й группе (1 (0–0) в 4-й группе против 0 (0–0) во 2-й группе, $p=0,01$), также и в 3-й группе результаты по модифицированной шкале Рэнкина значимо лучше, чем в 1-й группе (1 (0–0) против 1 (0–1) соответственно, $p=0,01$).

Качество жизни пациентов по шкале исходов Глазго на момент выписки во 2-й группе были статистически значимо выше, чем в 1-й группе ($4,60\pm0,69$ балла в 1-й группе против 5 ± 0 во 2-й группе, $p<0,001$), чем в 4-й группе ($4,82\pm0,46$ в 4-й группе против 5 ± 0 во 2-й группе, $p=0,01$), также и в 3-й группе результаты по шкале исходов Глазго значимо лучше, чем в 1-й группе ($4,60\pm0,69$ против $4,94\pm0,24$ балла соответственно, $p=0,01$).

Результаты подсчета распространения ишемического инсульта, связанного с локализацией аневризмы, по шкалам ASPECTS и DWI-ASPECTS до операции между группами не различались и составили 10 баллов во всех группах. После операции результаты по данной шкале стали различаться на значимом уровне между 1-й и 2-й группами (1-я группа – $7,52\pm2,1$ и 2-я группа – $9,97\pm0,17$, $p<0,001$), 1-й и 3-й группами (1-я группа – $7,52\pm2,1$ и 3-я группа – $9,09\pm1,31$, $p=0,03$), 2-й и 3-й группами (2-я группа – $9,97\pm0,17$ и 3-я группа – $9,09\pm1,31$, $p<0,001$), 2-й и 4-й группами (2-я группа – $9,97\pm0,17$ и 4-я группа – $8,61\pm1,27$, $p<0,001$).

Количество койко-дней было значимо выше в 1-й группе относительно 2-й (1-я группа – 16 (10,5–21,5) и 2-я группа – 9 (7,6–10,4), $p<0,001$), 3-й (10 (9–11), $p<0,001$), 4-й группы (13 (10,5–15,5), $p=0,03$). Также установлена разница между 2-й и 3-й группами (2-я группа – 9 (7,6–10,4) и 3-я группа – 10 (9–11), $p=0,04$), 2-й и 4-й группами (2-я группа – 9 (7,6–10,4) и 4-я группа – 13 (10,5–15,5), $p<0,001$), 3-й и 4-й группами (3-я группа – 10 (9–11) и 4-я группа – 13 (10,5–15,5) койко-дней, $p<0,001$) (табл. 3).

В 4 группах не наблюдалось ни одного случая летального исхода в послеоперационном периоде.

Во всех случаях микрохирургического клипирования аневризм СМА использования нейрохирургического микроскопа было достаточно для четкой визуализации ветвей СМА, шейки и мешка АА, а также положения браншей клипсы Язаргила после клипирования аневризмы.

Установлены факторы, влияющие на эффективность интраоперационной флоуметрии, – короткие сегменты М2, М3 СМА. У 5 пациентов (11%) при коротких сегментах М2, М3 СМА выполнить интраоперационную флоуметрию не удалось. Эффективность использования интраоперационной флоуметрии составила 89%.

Таблица 3

Сравнение результатов оценки по шкалам после операции, количество койко-дней в 4 группах

Table 3

Comparison of results of postoperative scales scores and number of bed-days in 4 groups

Клинические шкалы, баллы	1-я группа, n=35	2-я группа, n=40	3-я группа, n=33	4-я группа, n=34	Статистическая значимость различий, p-value
Количество койко-дней	16 (10,5–21,5)	9 (7,6–10,4)	10 (9–11)	13 (10,5–15,5)	<0,001 ^{1–2*} <0,001 ^{1–3*} 0,03 ^{1–4*} 0,04 ^{2–3*} <0,001 ^{2–4*} <0,001 ^{3–4*}
ASPECTS после операции, баллы	7,52±2,1	9,97±0,17	9,09±1,3	8,61±1,27	<0,001 ^{1–2*} 0,003 ^{1–3*} 0,08 ^{1–4} <0,001 ^{2–3*} <0,001 ^{2–4*} 0,13 ^{3–4}
Шкала ком Глазго после операции, баллы	14,8±0,4	15±0	14,97±0,17	14,9±0,2	0,003 ^{1–2*} 0,03 ^{1–3*} 0,09 ^{1–4} 0,28 ^{2–3} 0,13 ^{2–4} 0,59 ^{3–4}
WFNS после операции, степень	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	0,003 ^{1–2*} 0,03 ^{1–3*} 0,09 ^{1–4} 0,28 ^{2–3} 0,13 ^{2–4} 0,589 ^{3–4}
NIHSS после операции, баллы	0 (0–5)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	<0,001 ^{1–2*} 0,02 ^{1–3*} 0,07 ^{1–4} 0,16 ^{2–3} 0,03 ^{2–4*} 0,44 ^{3–4}
Модифицированная шкала Рэнкина, баллы	1 (0–1)	0 (0–0)	1 (0–0)	1 (0–0)	<0,001 ^{1–2*} 0,01 ^{1–3*} 0,13 ^{1–4} 0,12 ^{2–3} 0,01 ^{2–4*} 0,26 ^{3–4}
Шкала исходов Глазго, баллы	4,6±0,69	5±0	4,94±0,24	4,82±0,46	<0,001 ^{1–2*} 0,01 ^{1–3*} 0,15 ^{1–4} 0,12 ^{2–3} 0,01 ^{2–4*} 0,25 ^{3–4}

Примечания: 1–2 – сравнение групп 1 и 2; 1–3 – сравнение групп 1 и 3; 1–4 – сравнение групп 1 и 4; 2–3 – сравнение групп 2 и 3; 2–4 – сравнение групп 2 и 4; 3–4 – сравнение групп 3 и 4; * статистическая значимость различий показателей p<0,05.



По данным интраоперационной флоуметрии у 9 (22,5%) пациентов 2-й группы наблюдалось снижение объемной скорости кровотока в сегментах M2 СМА после клипирования аневризмы более чем на 25% от исходного уровня, что потребовало переустановить клипс Язаргила с последующим достижением исходного уровня скорости объемного кровотока.

По данным интраоперационной доплерографии у 5 (15%) пациентов 3-й группы наблюдалось увеличение линейной скорости кровотока в сегментах M2 СМА после клипирования аневризмы более чем в 1,5 раза от исходного уровня, что потребовало переустановить клипс Язаргила с последующим достижением исходного уровня линейной скорости кровотока.

■ ВЫВОДЫ

1. Комплексное применение интраоперационной ультразвуковой флоуметрии и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии (2-я основная группа) при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм СМА:
 - снижает распространенность ишемии головного мозга после операции у пациентов по шкалам ASPECTS или DWI-ASPECTS в сравнении с группами пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с $7,52 \pm 2,1$ до $9,97 \pm 0,17$ ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с $8,61 \pm 1,27$ до $9,97 \pm 0,17$ ($p < 0,001$); в сравнении с группой случаев пациентов, которым использовали интраоперационную контактную ультразвуковую доплерографию в сочетании с интраоперационной флуоресцентной видеоангиографией, с $9,09 \pm 1,31$ до $9,97 \pm 0,17$ балла ($p < 0,001$);
 - способствует снижению тяжести состояния пациентов по шкале WFNS в сравнении с группой пациентов, где не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 0 (0–0) до 0 (0–0) степени ($p = 0,003$);
 - способствует снижению выраженности неврологических нарушений по шкале NIHSS в сравнении с группой пациентов, где не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 0 (0–5) до 0 (0–0) ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с 0 (0–0) до 0 (0–0) баллов ($p = 0,03$);
 - способствует улучшению состояния пациентов по шкале ком Глазго в сравнении с группой пациентов, где не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с $14,8 \pm 0,4$ до 15 ± 0 баллов ($p = 0,003$);
 - обеспечивает сокращение длительности послеоперационного лечения в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 16 (10,5–21,5) до 9 (7,6–10,4) койко-дней ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с 13 (10,5–15,5) до 9 (7,6–10,4) койко-дней ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали интраоперационную контактную ультразвуковую доплерографию в сочетании с интраоперационной флуоресцентной видеоангиографией, с 10 (9–11) до 9 (7,6–10,4) койко-дней ($p = 0,04$);
 - способствует повышению качества жизни пациентов после микрохирургического клипирования аневризм сосудов головного мозга по шкале исходов Глазго

- в сравнении с группой пациентов, где не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с $4,6 \pm 0,69$ до 5 ± 0 ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с $4,82 \pm 0,46$ до 5 ± 0 баллов ($p = 0,01$);
- способствует уменьшению степени инвалидизации по модифицированной шкале Рэнкина в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 1 (0–1) до 0 (0–0) ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с 1 (0–0) до 0 (0–0) баллов ($p = 0,01$).
2. Комплексное применение интраоперационной контактной ультразвуковой доплерографии и флуоресцентной видеоангиографии (3-я основная группа) при микрохирургическом клипировании нервавшихся аневризм средней мозговой артерии:
- способствует снижению тяжести состояния пациентов по шкале WFNS в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 0 (0–0) до 0 (0–0) степени ($p = 0,03$);
 - способствует снижению выраженности неврологических нарушений по шкале NIHSS в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 0 (0–5) до 0 (0–0) баллов ($p = 0,02$);
 - способствует улучшению состояния пациентов по шкале ком Глазго в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с $14,8 \pm 0,4$ до $14,97 \pm 0,17$ балла ($p = 0,03$);
 - способствует повышению качества жизни пациентов по шкале исходов Глазго в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с $4,6 \pm 0,69$ до $4,94 \pm 0,24$ балла ($p = 0,01$);
 - способствует уменьшению степени инвалидизации по модифицированной шкале Рэнкина в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 1 (0–1) до 1 (0–0) балла ($p = 0,01$);
 - обеспечивает сокращение длительности послеоперационного лечения в сравнении с группой пациентов, которым не использовали методы интраоперационного контроля кровотока, с 16 (10,5–21,5) до 10 (9–11) ($p < 0,001$); в сравнении с группой пациентов, которым использовали только интраоперационную флуоресцентную видеоангиографию, с 13 (10,5–15,5) до 10 (9–11) койко-дней ($p < 0,001$).
3. Факторами, влияющими на эффективность интраоперационной флоуметрии, являются короткие сегменты М2, М3 СМА. Эффективность использования интраоперационной флоуметрии составила 89%.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sakovich B.P. *New aspects of etiology and open surgery of intracranial aneurysms*. Ekaterinburg. 2007; 220 p. (in Russian)
2. Krylov V.V., Prirodov A.V. Risk factors of surgical treatment for middle cerebral artery aneurysms in acute period of subarachnoid hemorrhage. *Neurosurg.* 2011;1:31–41. (in Russian)
3. Della Puppa A. Microsurgical clipping of intracranial aneurysms assisted by green indocyanine videoangiography (ICG-VA) and ultrasonic perivascular microflow probe measurement. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2014;116:35–40.
4. Della Puppa A. Microsurgical clipping of intracranial aneurysms assisted by neurophysiological monitoring, microvascular flow probe, and ICG-VA: Outcomes and intraoperative data on a multimodal strategy. *World Neurosurgery*. 2018;113:e336–e344.
5. Amin-Hanjani S. The utility of intraoperative blood flow measurement during aneurysm surgery using an ultrasonic perivascular flow probe. *Neurosurg.* 2006;58(4;Suppl. 2):305–312.



6. Pasqualin A. Intraoperative measurement of arterial blood flow in aneurysm surgery. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 2018;129:43–52.
7. Della Puppa A., Rustemi O., Scienza R. Intraoperative flow measurement by microflow probe during surgery for brain arteriovenous malformations. *Neurosurgery*. 2015;11(Suppl. 2):268–273.
8. Della Puppa A., Rustemi O., Scienza R. Intraoperative flow measurement by microflow probe during spinal dural arteriovenous fistula surgery. *World Neurosurg*. 2016;89:413–419.
9. Rustemi O. Donor selection in flow replacement bypass surgery for cerebral aneurysms: Quantitative analysis of long-term native donor flow sufficiency. *Neurosurg*. 2016;78(3):332–341.
10. Lundell A. Volume blood flow measurements with a transit time flowmeter: An in vivo and in vitro variability and validation study. *Clin. Physiol*. 1993;13:547–557.
11. Scienza R. Flowmetry-assisted aneurysm clipping. A Cooperative Study. *The proceedings of the 12th European Congress of Neurosurgery*. 2003:309–314.
12. Fischer G., Stadie A., Oertel J.M. Near-infrared indocyanine green videoangiography versus microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery. *Acta Neurochir. (Wien)*. 2010;152(9):1519–1525.
13. Moon H.S. Value of indocyanine green videoangiography in deciding the completeness of cerebrovascular surgery. *J. Korean Neurosurg. Soc*. 2013;53(6):349–355.
14. Raabe A. Near-infrared indocyanine green video angiography: a new method for intraoperative assessment of vascular flow. *Neurosurg*. 2003;52(1):132–139.
15. Raabe A. Prospective evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *J. Neurosurg*. 2005;103(6):982–989.
16. Raabe A., Beck J., Seifert V. Technique and image quality of intraoperative indocyanine green angiography during aneurysm surgery using surgical microscope integrated near-infrared video technology. *Zentralbl. Neurochir*. 2005;66(1):1–6.
17. Oliveira J.G. Assessment of flow in perforating arteries during intracranial aneurysm surgery using intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography. *Neurosurg*. 2007;61(3):63–73.
18. Ma C.Y. Intraoperative indocyanine green angiography in intracranial aneurysm surgery: microsurgical clipping and revascularization. *Clin. Neurol. Neurosurg*. 2009;111(10):840–846.
19. Wang S. Evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *Neurosurg. Rev*. 2010;34(2):209–215.
20. Dutta G. Intra-operative cerebral blood flow assessment by indocyanine green video-angiography after temporary arterial occlusion in aneurysm surgery and its clinical implications: a prospective study. *J. Cerebrovasc. Endovasc. Neurosurg*. 2021;23:210–220.
21. Świątnicki W., Komuński P. Intraoperative fluorescein videoangiography in cerebral aneurysm surgery – a preliminary study. *Pol. Merkur. Lekarski*. 2019;47:183–186.
22. Roessler K. Essentials in intraoperative indocyanine green videoangiography assessment for intracranial aneurysm surgery: conclusions from 295 consecutively clipped aneurysms and review of the literature. *Neurosurg. Focus*. 2014;36(2):1–7.
23. Washington C.W. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery. *J. Neurosurg*. 2013;118(2):420–427.
24. Wrobel C.J. Intraoperative assessment of aneurysm clip placement by intravenous fluorescein angiography. *Neurosurg*. 1994;35(5):970–973.
25. Li J. Assessment of microscope-integrated indocyanine green angiography during intracranial aneurysm surgery: a retrospective study of 120 patients. *Neurology India*. 2009;57(4):453–459.
26. Alexander T.D. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurg*. 1996;39:10–17.
27. Kodama N., Matsumoto M., Sasaki T. Preservation of the arteries around the aneurysm: practical use of oxycellulose. Technical note text. *J. Neurosurg*. 1995;83:748–749.
28. Kopitnik T.A., Batjer H.H., Samson D.S. Combined transsylvian-subtemporal exposure of cerebral aneurysms involving the basilar apex text. *Microsurg*. 1994;15(8):534–540.
29. Stendel R., Pietila T., Hassan A. Intraoperative microvascular Doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. *J Neural Neurosurg Psychiat*. 2000;68:29–35.