



Ахремчук А.И.✉, Сидорович Р.Р.

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

Оценка качества клипирования нервавшихся аневризм супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии

Конфликт интересов: не заявлен.

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

Подана: 07.06.2024

Принята: 06.09.2024

Контакты: ahremen@mail.ru

Резюме

Введение. 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 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 АА супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии (ВСА).

Материалы и методы. В исследование включен 71 пациент с нервавшимися аневризмами супраклиноидного отдела ВСА. Всем проводилось микрохирургическое клипирование аневризм в РНПЦ неврологии и нейрохирургии с 2018 по 2022 г. Выделены 2 группы пациентов.

Результаты. Установлено, что применение видеоэндоскопической ассистенции, а также микрозеркала в сочетании с интраоперационной флуоресцентной видеоангиографией при микрохирургическом клипировании аневризм супраклиноидного отдела ВСА повышает радикальность клипирования АА с 83,3% до 100% ($p=0,042$). У 2 пациентов (4,8%) после клипирования аневризмы и проведения интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии совместно с использованием микрозеркала выявлено неполное клипирование шейки аневризмы, что потребовало переложить клипс ближе к стволу ВСА. У 3 пациентов (7,3%) выявлена компрессия клипсом передней ворсинчатой артерии, что также потребовало перекладывания клипса Язаргила. Эффективность применения эндоскопической ассистенции составила 82%.

Заключение. Комплексное применение видеоэндоскопической ассистенции и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии с использованием микрозеркала позволяет подтвердить адекватность наложения клипсы на аневризму и ее 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, видеоэндоскопическая ассистенция, микрзеркало, индоцианин зеленый

Ahremchuk A.✉, Sidorovich R.

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

Quality Assessment of Unruptured Supraclinoid Aneurysms of the Internal Carotid Artery Clipping

Conflict of interest: nothing to declare.

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

Submitted: 07.06.2024

Accepted: 06.09.2024

Contacts: ahremen@mail.ru

Abstract

Introduction. Complications arising during clipping of cerebral aneurysms, including incomplete disconnection of the aneurysm from blood flow and compression of afferent, efferent and perforating arteries by clips, present an important challenge in the surgery of cerebral arterial aneurysms. To resolve this issue, intraoperative methods of blood flow assessment and clipping control are required to be applied.

Purpose. To study the effectiveness of intraoperative blood flow assessment methods and aneurysm clipping control in patients with unruptured arterial aneurysms of the supraclinoid section of the internal carotid.

Materials and methods. The study included 71 patients with neovascularized supraclinoid aneurysms of the supraclinoid section of the internal carotid who underwent microsurgical clipping of aneurysms at RNPC Neurology and Neurosurgery from 2018 to 2022. The patients were divided into two groups.

Results. It was found that the use of video-endoscopic assistance as well as micro-mirror in combination with intraoperative fluorescent video angiography during microsurgical clipping of neovascular aneurysms of the supraclinoid section of the internal carotid artery increased the radicality of AA clipping from 83.3% to 100% ($p=0.042$). In 2 patients (4.8%) after aneurysm clipping and intraoperative fluorescence video angiography in combination with a micromirror, an incomplete clipping of the aneurysm neck was revealed, which required moving the clips closer to the trunk of the internal carotid artery. Moreover, in 3 patients (7.3%) a compression of the anterior villous artery by the clips was revealed, which also required repositioning of the Yasargil clip.

Conclusion. A comprehensive application of video endoscopic assistance and intraoperative fluorescence video angiography with the use of a micromirror allows confirming the adequacy of clip placement on the aneurysm and its radical disconnection from the blood flow, revealing the clip compression of afferent, efferent and perforating arteries, that makes possible a timely correction of improper Yasargil clip placement.

Keywords: clipping of cerebral aneurysms, video endoscopic assistance, micromirror, indocyanine green

■ ВВЕДЕНИЕ

Артериальная аневризма (АА) встречается в 0,2–10% случаев среди 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% всего взрослого населения [5]. В Республике Беларусь АА диагностированы 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 является важной задачей в нейрохирургии. Осложнения клипирования АА возникают в 4,3–31% наблюдений [11, 12], при этом в 60% случаев являются следствием недостаточной интраоперационной визуализации ввиду частичной или полной недоступности АА и проходящих рядом артериальных ветвей 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]. Видеоэндоскопическая ассистенция (ВЭСА) – эффективный метод в профилактике осложнений, возникающих при клипировании АА. Метод ВЭСА оказался наиболее применимым при АА, расположенных на задней поверхности ВСА: в устье задней соединительной артерии (ЗСА) и передней ворсинчатой артерии (ПВА) [20–22]. Эндоскопический осмотр аневризмы ВСА и перфорирующих артерий имел определенные преимущества перед осмотром через микроскоп, так как давал возможность оценить особенности микроанатомии под большим увеличением и при большей интенсивности освещения. Видеоэндоскопическая ассистенция эффективна для визуализации аневризм, недоступных прямому осмотру через микроскоп, – в 62–81,5% случаев, для визуализации перфорирующих артерий и крупных ветвей несущей аневризму артерии – в 45–53% [20, 21, 23]. Широко применяемая интраоперационная флуоресцентная видеоангиография (ИФВА) с индоцианином зеленым (ИЗ) также позволяет достоверно подтвердить правильность наложения клипсы на шейку АА и ее полное выключение, при этом выявить компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий [24–26]. Ряд авторов отмечают эффективное применение при микрохирургическом клипировании АА эндоскопической ИФВА, а также применение нейрохирургического микроскопа с ИФВА при помощи микрозеркала в сравнении с использованием только нейрохирургического микроскопа с ИФВА [27–30].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить эффективность применения методов интраоперационной оценки кровотока, контроля клипирования аневризм у пациентов с нервавшимися АА супраклиноидного отдела ВСА.



■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом настоящего исследования послужил 71 пациент с нервавшимися аневризмами супраклиноидного отдела ВСА. Всем пациентам проводилось микрохирургическое клипирование аневризм в РНПЦ неврологии и нейрохирургии с 2018 по 2022 г.

Критерии исключения из исследования: рвавшиеся аневризмы сосудов головного мозга, нервавшиеся аневризмы офтальмического сегмента супраклиноидного отдела ВСА, 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-я группа (контрольная) – 30 пациентов, которым проводили визуальный осмотр области клипирования АА супраклиноидного отдела ВСА с помощью нейрохирургического микроскопа;
- 2-я группа (основная) – 41 пациент, кому кроме визуального осмотра области клипирования АА супраклиноидного отдела ВСА с помощью нейрохирургического микроскопа дополнительно применяли ВЭСА и ИФВА с использованием микроскопа.

Микрохирургическое клипирование АА супраклиноидного отдела ВСА выполняли в асептических условиях под эндотрахеальным наркозом. Пациента укладывали на операционном столе на спину с возвышением головы выше уровня сердца, запрокидыванием книзу на 5–10° и поворотом в противоположную сторону на 20–30°. При этом область скулового отростка является наиболее высокой точкой. В глаза закапывался защитный гель, веки закрывали и фиксировали клейкой лентой с целью предупреждения возможного химического ожога глаз антисептическими растворами. Разрез кожи и мягких тканей выполняли после обработки операционного поля. Выполняли птериональную трепанацию. Твердую мозговую оболочку вскрывали подковообразно. Выделение аневризмы супраклиноидного отдела ВСА выполняли путем острой диссекции микроножницами и диссектором через переднебоковой субфронтальный доступ поэтапно:

1. Рассечение арахноидальной оболочки хиазмальной цистерны с визуализацией ипсилатерального зрительного нерва.
2. Рассечение арахноидальной оболочки каротидной цистерны с визуализацией офтальмического сегмента ВСА и выбора места для временного клипирования ВСА.
3. Рассечение арахноидальной оболочки цистерны конечной пластинки с визуализацией хиазмы, контралатерального зрительного нерва.
4. Рассечение арахноидальной оболочки цистерны латеральной щели и визуализация развилки ВСА.

5. Выделение аневризмы при отхождении от латеральной, задней поверхности ВСА через ретрокаротидный промежуток, который медиально и снизу ограничен зрительным нервом, сверху и медиально – супраклиноидным отделом ВСА, снизу и латерально – наметом мозжечка и передним наклоненным отростком, а латерально и сверху медиальной поверхностью височной доли и М1-сегментом средней мозговой артерии (СМА) при отхождении от медиальной или заднемедиальной поверхности ВСА через оптикокаротидный промежуток, который медиально ограничен хиазмой и зрительным нервом, латерально ВСА, сверху А1-сегментом передней мозговой артерии (ПМА).

Операцию с эндоскопической ассистенцией проводили в 3 этапа:

- 1) после выделения проксимального и дистального отделов ВСА, шейки, мешка АА вводили эндоскоп и выполняли осмотр АА и места отхождения ЗСА, ПВА, перфорирующих артерий;
- 2) на аневризму при помощи клипсодержателя накладывали клипс Язаргила под контролем ВЭСА;
- 3) в центральную вену вводили ИЗ и через 8–10 с., когда сосуды начинали контрастировать, при помощи нейрохирургического микроскопа Leica M720 OH5 с модулем Leica FL800 и микрозеркала диаметром 5 мм оценивали, полностью ли перекрыта шейка АА клипсом, сохранена ли при этом проходимость ВСА, ЗСА, ПВА, перфорирующих артерий;
- 4) при выявлении окклюзии клипсом ЗСА, ПВА, перфорирующих артерий, неполного клипирования АА выполняли переустановку клипса под контролем эндоскопа с проведением повторного видеоангиографического исследования с микрозеркалом до тех пор, пока не достигали радикальности клипирования АА, устранения окклюзии клипсом ЗСА, ПВА, перфорирующих артерий.

После достижения гемостаза твердую мозговую оболочку герметично ушивали. Костный лоскут укладывали в дефект 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 ($\text{Mean} \pm \text{SD}$). Сравнительный анализ количественных признаков проводили по t-критерию Стьюдента. 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 пациентов обеих групп составил $48,5 \pm 8,7$ года, из них 15 (21,1%) мужчин и 56 (78,9%) женщин. По данным методов нейровизуализации (СКТ-АГ, МРТ-АГ, ЦАГ) размер АА в наибольшем измерении составил $5,97 \pm 2,3$ мм; множественные аневризмы выявлены у 23 (32,4%) пациентов. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.



Таблица 1
Характеристика пациентов
Table 1
Patients' characteristics

Показатели	Пациенты с нервавшими аневризмами супраклиноидного отдела ВСА, которым проводилось микрохирургическое клипирование аневризм, n=71
Возраст, лет	48,5±8,7
Пол	
Мужчины, абс. (%)	15 (21,1%)
Женщины, абс. (%)	56 (78,9%)
Размер АА в наибольшем измерении, мм	5,97±2,3
Малая (милиарная, до 4 мм), абс. (%)	13 (18,3%)
Средняя (5–14 мм), абс. (%)	58 (81,7%)
Большая (15–24 мм), абс. (%)	0
Гигантская (25 мм и более), абс. (%)	0
АА одиночные, абс. (%)	48 (68%)
АА множественные, абс. (%)	23 (32%)

На момент госпитализации пациенты обеих групп не отличались между собой по полу ($p=1,0$). Возраст пациентов во 2-й группе был несколько выше, чем в 1-й (50 ± 9 лет против 47 ± 8 соответственно). Однако возрастные различия между группами незначимы ($p=0,18$). В обеих группах преобладали одиночные аневризмы ($p=1,0$). Аневризмы среднего размера (от 5 до 15 мм) составили 82% от их общего числа. Такие аневризмы преобладали в обеих группах – 83% и 80%, их частота значимо не различалась между группами ($p=0,77$). Сравнительная характеристика пациентов обеих групп представлена в табл. 2.

При сравнительном анализе оценки радикальности клипирования АА установлено, что в 1-й группе радикальность отмечена в 15 (83,3%) случаях, а во 2-й группе –

Таблица 2
Характеристика пациентов 1-й и 2-й групп
Table 2
Group 1 and Group 2 patients' characteristics

Показатель/характеристика	1-я группа, n=30	2-я группа, n=41	Статистическая значимость различий, p-value
Возраст, лет	47±8	50±9	0,18
Пол			
Женщины, абс. (%)	32 (78%)	24 (80%)	1
Мужчины, абс. (%)	9 (22%)	6 (20%)	
АА одиночные, абс. (%)	28 (68%)	20 (67%)	1
АА множественные, абс. (%)	13 (32%)	10 (33%)	
Распределение пациентов по размеру АА в наибольшем измерении:			
Малая, абс. (%)	7 (17%)	6 (20%)	0,77
Средняя, абс. (%)	34 (83%)	24 (80%)	
Большая, абс. (%)	0	0	
Гигантская, абс. (%)	0	0	

в 32 (100%). Различия между 1-й и 2-й группами статистически значимы ($p=0,042$). Сравнение результатов оценки радикальности клипирования АА в 1-й и 2-й группах представлено в табл. 3.

Во время операций у 2 пациентов (4,8%) 2-й группы после клипирования аневризмы и проведения интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии с использованием микрозеркала было выявлено неполное клипирование шейки

Таблица 3
Сравнение результатов оценки радикальности клипирования АА в 1-й и 2-й группах
Table 3
Comparisons of the results of radicality assessing of AA clipping in patients of Group 1 and Group 2

Радикальность клипирования АА	1-я группа, n=30	2-я группа, n=41	p-value
Да	15 (83,3%)	32 (100%)	0,042
Нет	3 (16,7%)	0	



Алгоритм интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм супраклиноидного отдела ВСА во время оперативного вмешательства
Algorithm of intraoperative assessment of blood flow and supraclinoid aneurysms of the internal carotid artery clipping control during surgical intervention



аневризмы, что потребовало переложить клипс ближе к стволу ВСА. У 3 пациентов (7,3%) этой же группы была обнаружена компрессия клипсом передней ворсинчатой артерии, что позволило своевременно исправить некорректное наложение клипса Язаргила.

Размер АА во 2-й группе в наибольшем измерении составил $5,94 \pm 2,32$ мм, а коэффициент шейки (Aspect Ratio, индекс аневризмы), равный отношению высоты мешка аневризмы (перпендикуляр = размер аневризмы) к ширине шейки аневризмы, составил $1,78 \pm 0,44$, что означает преобладание высоты мешка аневризмы к ширине шейки аневризмы и при этом мешок АА имеет вытянутую, продолговатую форму. В 4 случаях (8%) при клипировании аневризмы с широкой шейкой и размером более $10,05 \pm 1,86$ мм в максимальном измерении с шарообразной формой мешка выполнить эндоскопическую ассистенцию не удалось. При сравнении размеров аневризмы случаев эффективной и неэффективной видеоэндоскопической ассистенции выявлена значимая разница ($5,94 \pm 2,32$ мм и $10,05 \pm 1,86$ мм соответственно, $p=0,004$), а также при сравнении коэффициента шейки случаев эффективной и неэффективной видеоэндоскопической ассистенции выявлена разница ($1,78 \pm 0,44$ и $1,18 \pm 0,08$ соответственно, $p=0,003$). У 5 пациентов (10%) из-за узких анатомических промежутков эндоскопическая ассистенция оказалась неэффективной. Эффективность применения эндоскопической ассистенции составила 82%.

Для повышения эффективности радикальности клипирования разработан алгоритм интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм супраклиноидного отдела ВСА во время оперативного вмешательства (см. рисунок).

■ ВЫВОДЫ

1. Комплексное применение видеоэндоскопической ассистенции и интраоперационной флуоресцентной видеоангиографии с использованием микрозеркала у пациентов при хирургическом лечении нервавшихся АА супраклиноидного отдела ВСА в сравнении с использованием только нейрохирургического микроскопа для визуального осмотра области клипирования АА повышает радикальность клипирования АА с 83,3% до 100% ($p=0,042$).
2. Алгоритм интраоперационной оценки кровотока и контроля клипирования артериальных аневризм супраклиноидного отдела ВСА во время оперативного вмешательства позволяет достигнуть радикальности клипирования аневризмы и устранить компрессию клипсом афферентных, эфферентных и перфорирующих артерий.
3. Факторами, ограничивающими использование видеоэндоскопической ассистенции у пациентов при хирургическом лечении нервавшихся аневризм супраклиноидного отдела ВСА, являются форма, размер АА, узкие анатомические промежутки. Эффективность применения эндоскопической ассистенции составила 82%.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Stehbens W.E. Aneurysms And Anatomical Variation Of Cerebral Arteries. *Arch Pathol.* 1963;75:45–64.
2. Stehbens W.E. *Pathology of the Cerebral Blood Vessels.* St. Louis: Mosby, 1972. 661 p.
3. Chason J., Hindman W. Berry aneurysms of the circle of Willis: results of a planned autopsy study. *Neurology.* 1958;8:41–44.
4. Housepian E., Pool J. A systematic analysis of intracranial aneurysms from the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956. *J Neuropathol Exp Neurol.* 1958;17:409–423.
5. Ribourtout E., Raymond J. Gene Therapy and Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms. *Stroke.* 2004;35:786–793.
6. Terekhov V.S. Clinical epidemiology of cerebral aneurysms in present and anticipation of the republic of Belarus. *Meditsinskii zhurnal.* 2011;2:111–117. (in Russian)
7. Orz Y., Kobayashi S., Osawa M., Tanaka Y. Aneurysm size: a prognostic factor for rupture. *Br J Neurosurg.* 1997;11:144–9.
8. Orz Y., AlYamany M. The impact of size and location on rupture of intracranial aneurysms. *Asian J Neurosurg.* 2015;10(1):26–31.
9. Broderick J.P. Stroke trends in Rochester, Minnesota, during 1945 to 1984. *Ann Epidemiol.* 1993;3:476–9.
10. Fogelholm R., Hernesniemi J., Vapalahti M. Impact of early surgery on outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage A population-based study. *Stroke.* 1993;24:1649–54.
11. Sakovich B.P. et al. *New aspects of etiology and open surgery of intracranial aneurysms.* Ekaterinburg. 2007; 220 p. (in Russian)
12. 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)
13. Krylov V.V., Godkov I.M., Genov P.G. Intraoperative risk factors in the surgery of cerebral aneurysms. *Neurosurgery.* 2009;2:24–33. (in Russian)
14. Alexander T.D. et al. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: a prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurg.* 1996;39:10–17.
15. Feuerberg I. et al. Natural history of post-operative aneurysm rests. *J. Neurosurg.* 1987;66(1):30–34.
16. Proust F. et al. Causes of morbidity and mortality after ruptured aneurysm surgery in a series of 230 patients. The importance of control angiography. *Stroke.* 1995;26:1553–1557.
17. Rauzzino M.J., Quinn C.M., Fisher W.S. Angiography after aneurysm surgery: indications for "selective" angiography. *Surg. Neurol.* 1998;49:32–40.
18. Macdonald R., Wallace M., Kestle J. Role of angiography following aneurysm surgery. *J. Neurosurg.* 1993;79:826–832.
19. Sindou M., Acevedo J.C., 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):1153–1159.
20. Krylov V.V., Godkov I.M. Application of videoendoscopy in microsurgery of brain aneurysms. *Endoscopic Surgery.* 2014;20(5):31–36. (in Russian)
21. Peris-Celda M. et al. Surgical anatomy of endoscope-assisted approaches to common aneurysm sites. *Operative Neurosurgery.* 2014;10:121–144.
22. Shibata Y. et al. The Use of Microvascular Doppler Sonography in Aneurysm Surgery on the Anterior Choroidal Artery. *Neurologia medico-chirurgica.* 2000;40(1):30–37.
23. Galzio R.J. et al. Endoscope-assisted microneurosurgery for intracranial aneurysms. *Front. Neurol.* 2013;18(4):201.
24. Roessler K. et al. 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.
25. Washington C.W. et al. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery. *J. Neurosurg.* 2013;118(2):420–427.
26. Wrobel C.J. et al. Intraoperative assessment of aneurysm clip placement by intravenous fluorescein angiography. *Neurosurg.* 1994;35(5):970–973.
27. Zhao C., Ma Z., Zhang Y., et al. Application of Micromirror in Microsurgical Clipping to the Intracranial Aneurysms. *J Craniofac Surg.* 2018 May;29(3):e287–e290.
28. Lee Y., Kim M., Park J., et al. Mirroring with Indocyanine Green Angiography in Aneurysm Surgery: Technical Note and Case Presentations. *World Neurosurg.* 2019 Dec;132:e696–e703.
29. Fischer G., Rediker J., Oertel J. Endoscope-versus microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography in aneurysm surgery. *J Neurosurg.* 2018 Nov 2;131(5):1413–1422.
30. Vega-Moreno D.A., Janković D., Azouz H., Nakipuria M., Kato Y. Dual Microscope Indocyanine Green Video Angiography and Endoscopic Review to Treat Intracranial Aneurysm: A Review of the Literature Regarding a Case. *Asian J Neurosurg.* 2023 Nov 30;18(4):701–707.