

© Л.Я. КРАВЕЦ, А.Н. НИКОЛАЕВ, 2015

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ ВИДЕОАНГИОГРАФИИ ПРИ КЛИПИРОВАНИИ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ

Л.Я. Кравец, А.Н. Николаев

ФГБУ «Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии» МЗ РФ,
«Городская клиническая больница №13 Автозаводского района г. Нижнего Новгорода»

Цель. Обзор результатов интраоперационной видеоангиографии с индоцианином зеленым (ICG-VA) при клипировании церебральных аневризм с выделением особенностей интерпретации получаемых данных в зависимости от времени введения контраста — до или после клипирования.

Материал и методы. ICG-VA выполнена при операциях у 28 больных с церебральными аневризмами, среди которых 12 оперировано в остром периоде разрыва, 16 — в холодном. Методика реализовывалась с помощью операционного микроскопа OPMI Pentero с интегрированным модулем Infrared-800, который включался на выбранном этапе операции. Всего выполнено 34 исследования: 12 пациентам контраст вводили до клипирования, 22 — после.

Результаты. Показана высокая информативность ICG-VA при ревизии области клипирования для определения проходимости несущих сосудов и перфорантов. Установлены различия в ангиографических признаках выключения аневризмы в зависимости от способа введения контраста. В частности, описана инверсия данных ICG-VA, указывающих на выключение аневризмы в случаях предварительного контрастирования сосудов, когда наложенный клипс может блокировать часть контраста попавшего в тело аневризмы, в то время как из несущих артерий он вымывается.

Заключение. ICG-VA — оптимальная технология для объективной оценки адекватности клипирования церебральных аневризм. Следует учитывать особенности гемодинамики в исследуемой области до и после наложения временных или постоянных клипс. ICG-VA снижает риск потенциальных осложнений хирургии аневризм, в наших наблюдениях репозиция клипс понадобилась в 5 случаях.

Ключевые слова: внутречерепная аневризма, микрохирургическое клипирование, индоцианин грин видеоангиография.

Objective. To review the results of intraoperative indocyanine green videoangiography (ICG-VA) usage during clipping of cerebral aneurysms distinguishing the interpretation features of obtained data in accordance with time of contrast injection — before or after aneurysm clipping.

Material and methods. We conducted ICG-VA at 28 patients with ruptured cerebral aneurysms among them 12 persons were operated on in acute period of hemorrhage and 16 patients — in delayed or cold period. This procedure was performed using operative microscope OPMI Pentero with plug-in Infrared-800 module, which was switched on at the certain stage of operation. There were 34 examination in total with contrast injection before aneurysm clipping in 12 cases and after clipping — 22 observations.

Results. The high informative value of ICG-VA was demonstrated during revision of clipping site for patency determination of parent artery and perforating branches. The differences in angiographic signs of aneurysm elimination from blood flow depending on method of contrast injection were determined. The inversion of ICG-VA data was described in particular, indicating the aneurysm elimination in case of preliminary contrast of arteries, when applied clip may block some quantity of contrast in aneurysmal body whereas the contrast agent is washing out from parent vessels.

Conclusion. ICG-VA is the optimal method for objective estimation of aneurysm clipping adequacy. The hemodynamics features in examined region before and after temporary or permanent clips placement must be taken into consideration. ICG-VA decreases the risk of possible complications in aneurysm surgery; the clip replacement was necessary in our 5 clinical observations.

Key words: cerebral aneurysm, microsurgical treatment, clipping, indocyanine green videoangiography (ICG-VA).

Среди всех осложнений хирургии церебральных аневризм, около 10% непосредственно связаны с хирургическими погрешностями их клипирования [2, 3, 11, 12]. Первая группа из них обусловлена непреднамеренной окклюзией клипсами несущих сосудов, их ветвей или перфорантов, что в 4–17% наблюдений приводит к послеоперационным ишемическим инфарктам головного мозга [2, 6, 8, 11]. Другая группа осложнений происходит из-за неполного клипирования шейки аневризм. Остаточный кровоток в ней и формирование резидуальных аневризм наблюдаются в 2–13% случаев [17,18] с ежегодным риском разрыва в 0,14–0,5% [2].

Поэтому ревизия области клипирования аневризмы является важным этапом операции, основ-

ным приемом которой, кроме тщательного визуального контроля, является вскрытие ее купола [2, 3, 10], но при этом суждение о проходимости несущих сосудов и перфорантов остается достаточно субъективным.

Ненадежность визуальной оценки адекватности клипирования привела к внедрению различных инструментальных методик объективного контроля, до последнего времени «золотым стандартом» для этих целей считали цифровую субтракционную ангиографию (DSA) в операционной, которую ряд авторов настоятельно рекомендовали применять для предотвращения окклюзии артериальных сосудов, особенно при сложных аневризмах [9, 13, 17, 18]. Так К.А. Lopez и соавт. [13] в серии из 191 наблюдения в 23%

случаев обнаружили существенные находки при интраоперационной DSA, в 8% случаев это потребовало переустановки клипса. При доказанной информативности DSA в операционной, ее реализация является достаточно сложной и дорогостоящей, отмечено также, что она не в состоянии «увидеть» сосуды субмиллиметрового диаметра, к которым относятся перфоранты [6, 7, 18].

В последнее десятилетие конкурентом DSA в операционной стала не менее информативная, но легко реализуемая и менее дорогостоящая технология, которая по названию используемого для этих целей контраста индоцианин зеленый (indocyanin green), получила название «indocyanin green video-angiography» (ICG-VA) [4–8, 14–16].

К настоящему времени в мировой практике ICG-VA фактически стала рутинной в хирургии аневризм, изучен ряд ее свойств, в частности, доказаны ее высокая сопоставимость с результатами традиционной цифровой ангиографии, эффективность в выявлении ошибок клипирования и преимущества в визуализации перфорирующих артерий [6, 7]. В то же время отечественный опыт применения этой методики еще невелик, а первые результаты показали неоднозначность интерпретации получаемых при ICG-VA данных.

Целью настоящей работы стал обзор первых результатов ICG-VA в хирургии церебральных аневризм с выделением особенностей интерпретации получаемой информации в зависимости от времени введения контраста — до или после клипирования аневризмы.

Материалы и методы

Работа выполнена в нейрохирургическом отделении ГKB № 13 — базы Нижегородского регионального сосудистого центра. Интраоперационная ICG-VA реализована во время оперативных вмешательств у 28 больных с церебральными аневризмами: 15 мужчин и 13 женщин в возрасте от 23 до 65 лет. В остром периоде САК оперировано 12 пациентов, в холодном — 16. С аневризмами передней соединительной артерии (ПСА) было 9 пациентов, развилки средней мозговой артерии (СМА) — 8, супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии (ВСА) — 6, дистальными аневризмами передней мозговой артерии (ПМА) — 3, аневризмами вертебральной — задней нижней мозжечковой артерии (ВА-ЗНМА) — 2.

Принцип интраоперационной ангиографии с индоцианином зеленым (ICG) состоит в освещении операционного поля источником поглощающим часть излучения ICG с длиной волны 700–850 нм [16]. Обычная доза индоцианина — 25 мг, разведенные в 5,0 мл воды для инъекций, которую вводят в периферическую вену. После этого операционное поле подсвечивают в инфракрасном диапазоне и при достижении контраста исследуемой области осуществляют видеозапись. На практике эта методика реализовывалась с помощью операционного микроскопа OPMI Pentero с интегрированным модулем Infrared-800. Его включали на выбранном этапе операции (до кли-

пирования или после него) и визуализировали состояние сосудов. Кратность введения индоцианина диктуется ходом операции.

Результаты и их обсуждение

В общей сложности у 28 больных с 30 аневризмами выполнено 34 исследования с видеозаписью ангиографической картины. До клипирования аневризмы было 12 введений контраста (12 пациентов), после — 22 (16 пациентов). У 3 больных не удалось получить качественного изображения из-за выраженного отека и диффузной кровоточности в остром периоде разрыва аневризмы.

«Чтение» получаемой при ICG-VA картины в принципе не отличается от обычной ангиографической, но имеется важный фактор, влияющий на распределения контраста в сосудах, — это наличие естественного кровотока или в условиях временного или постоянного клипирования.

При более частом варианте проведения ICG-VA после наложения клипса на шейку аневризмы (в наших наблюдениях у 16 из 28 больных), контраст не проникает в тело аневризмы, и отсутствие его свечения — почти абсолютный признак полноты выключения, как это представлено на примере больной Ч., 53 лет, оперированной по поводу разрыва аневризмы развилки СМА (рис. 1 а, б). Несостоятельность клипирования была зафиксирована при операции по поводу разрыва аневризмы развилки СМА у больной П., 62 л., на это указывала тонкая струя крови, проникающая в купол аневризмы между браншами клипса (рис. 1 в), хотя в обычном режиме освещения его наложение выглядит адекватно (рис. 1 г).

Нами был зафиксирован один ложноотрицательный результат, когда после клипирования крупной неразорвавшейся аневризмы супраклиноидного отдела ВСА у больной Л., 46 лет, ICG-VA показала отсутствие свечения ее тела, но при его вскрытии появилось артериальное кровотечение, что потребовало наложения еще одного клипса. Ряд авторов указывали ранее, что при тромбированных или толстостенных аневризмах, при атеросклеротических бляшках, несмотря на отсутствие «свечения» купола аневризмы, в реальности циркуляция крови в нем сохраняется, и необходимость вскрытия купола аневризмы остается обязательной манипуляцией [10].

Иная интерпретация картины ICG-VA при введении индоцианина до клипирования. Контраст в этих случаях свободно заполняет кровеносное русло, тело аневризмы и его свечение могут оставаться в их просвете и после наложения клипса, что может ошибочно трактоваться как недостаточное выключение аневризмы. Аналогично и в случаях временного клипирования (ВК), когда дистальнее сохраняется свечение несущего сосудов. Это вначале расценивали как его неполное его пережатие или заполнение из коллатералей. По мере получения новых данных ICG-VA, в частности, при операции у больной К., 36 лет, с крупной разорвавшейся аневризмой развилки правой СМА, нами был зафиксирован «эффект

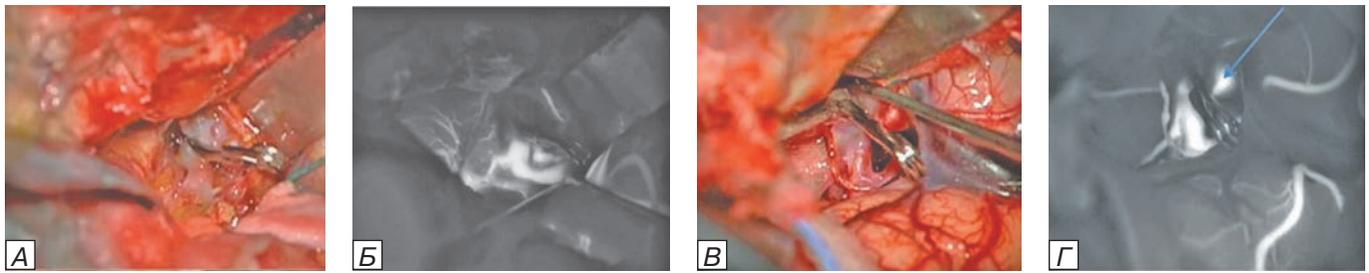


Рис. 1. Обычная и ICG-VA картина операционного поля при полном клипировании шейки аневризмы бифуркации правой СМА у больной Ч. (а, б) и в случае несостоятельности клипса у больной П. (в,г). Стрелка указывает на струю крови, проникающую через бранши клипса.

Fig. 1. The routine and ICG-VA view of operative field during full clipping of aneurysm of right middle cerebral artery (MCA) bifurcation at patient Ч. (a, б) and in case of clip failure at patient П. (в,г). Arrow indicates the gush of blood penetrating through the clip jaws.

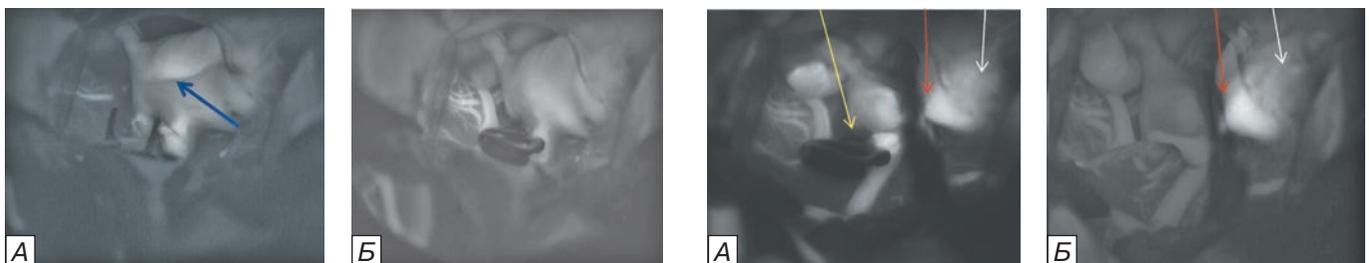


Рис. 2. Больная К., 36 л., с крупной рваной аневризмой развилки СМА. «Эффект волны» (указан стрелкой) в просвете тела аневризмы на фоне введения индоцианина (а). После наложения временного клипса, свечение тела аневризмы равномерное (б).

Fig. 2. Female patient K., 36 years old, with large ruptured aneurysm of MCA bifurcation. The «wave effect» (arrow) in aneurysmal body against injection of indocyanine green (a). The fluorescence of aneurysmal body becomes homogeneous after temporary clip placement (б).

Рис. 3. Больная К., 36 л., с крупной рваной аневризмой развилки СМА. Инверсия картины ICG-VA при попадании контраста в тело аневризмы до клипирования. На шейку аневризмы наложен постоянный клипс (красная стрелка); а — до снятия временного клипса (желтая стрелка) однородно контрастируются бифуркация СМА (зеленая стрелка) и тело аневризмы (белая стрелка); б — после снятия временного клипса контраст остается только в теле аневризмы.

Fig. 3. Female patient K., 36 years old with large ruptured aneurysm of MCA bifurcation. The inversion of ICG-VA image after contrast entering in aneurysmal body before clipping. The permanent clip (red arrow) was placed on aneurysmal neck; а — the MCA bifurcation (green arrow) and aneurysmal body (white arrow) are contrasting homogeneously before removal of temporary clip (yellow arrow); б — contrast is remained only in aneurysmal body after removal of temporary clip.

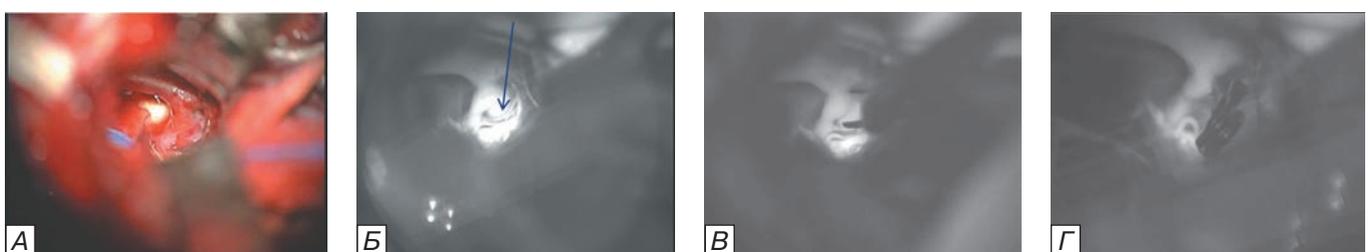


Рис. 4. Препарирована шейка аневризмы бифуркации правой ВСА (больной Ф., 44 л.). а — вид в обычном режиме освещения операционного микроскопа, б — в режиме ICG-VA лучше дифференцируются перфоранты, «обнимающие» тело аневризмы (желтая стрелка); в, г — этапы клипирования под контролем ICG-VA.

Fig. 4. The neck of aneurysm of right ICA bifurcation is dissected (patient Ф., 44 years old). а — view in routine regime of microscopic light, б — usage of ICG-VA allow better visualizing the perforating branches, «hugging» the aneurysmal body (yellow arrow); в, г — the stages of aneurysm clipping under control of ICG-VA.

волны» — движение контраста, видимое через стенку аневризмы, которое пропадает после ВК, после чего наблюдается статичное и равномерное свечение тела и купола аневризмы (рис. 2).

Оценка полноты клипирования шейки аневризмы при уже попавшем в ее просвет контрасте на фоне ВК также имеет свои особенности.

Здесь мы обозначили феномен инверсии данных ICG-VA. Он заключается в вымывании контраста из несущих сосудов после снятия временного клипса и его сохранения в «перекрытой» аневризме (рис. 3).

Контроль проходимости перфорантов при клипировании аневризм — одна из основных задач

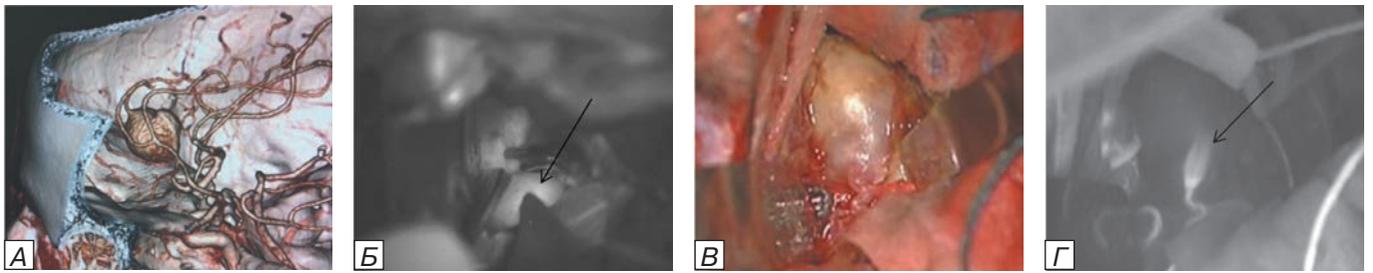


Рис. 5. КТ-3D-ангиограмма больного А., 39 л., с гигантской дистальной аневризмой ПМА (а). Выполнено временное клипирование ПМА и ее фронто-базальной ветви, но контраст проникает в тело аневризмы (б). Дистальная часть купола аневризмы при обычном освещении микроскопа (в). ICG-VA демонстрирует ретроградный кровоток (указано стрелкой) в перикаллезной артерии (г).

Fig. 5. 3D — CT of male patient A., 39 years old with giant distal aneurysm of ACA (a). The temporary clipping of ACA and its frontobasal branch was performed however the contrast is entering into the aneurysmal body (б). The distal part of aneurysmal dome during usage or routine microscopic regime (в). ICG-VA demonstrates the retrograde blood flow (arrow) in pericallosal artery (г).

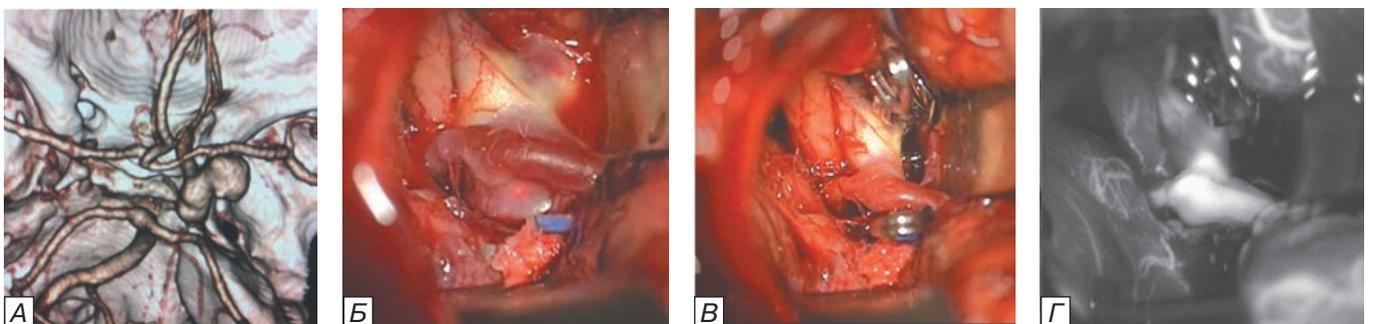


Рис. 6. Б-й М., 46 л., крупная неразорвавшаяся фузиформная аневризма правой VCA. КТ- ангиография (а), микрохирургический вид аневризмы до клипирования (б) и после него (в), контроль проходимости смоделированной бифуркации VCA с помощью ICG-VA (г).

Fig. 6. Male patient M., 46 years old., large unruptured fusiform aneurysm of right ICA. CT-angiography (a), microsurgical appearance of aneurysm before and after (в) clipping, the control of patency of modelling ICA bifurcation using ICG-VA (г).

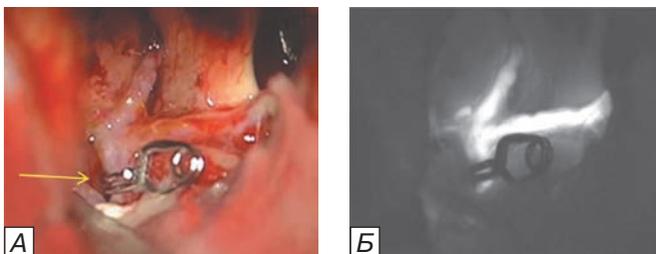


Рис. 7. Больная Ш., 38 л., аневризма ПСА с верхним расположением купола. На шейку аневризмы наложен изогнутый клипс (а), визуально нет уверенности в полноте ее клипирования (указано стрелкой). Контрольная ICG-VA (б) показала полное выключение аневризмы и проходимость ПСА.

Fig. 7. Female patient Ш., 38 years old, ACoA aneurysm with superior localization of aneurysmal dome. The aneurysmal neck was clipped by curved clip (а) however there is no confidence of its full elimination using only eye control (arrow). The control ICG-VA (б) demonstrated the full aneurysm elimination and ACoA patency.

ICG-VA [5—7]. В случаях их близкого расположения с шейкой, в частности как в наблюдении больного А., 47 лет, с неразорвавшейся аневризмой бифуркации правой VCA, целесообразнее предварительное введение контраста. Получаемое при этом изображение перфорантов более отчетливое, чем при обычном режиме работы микроскопа (рис. 4 а, б). В процессе клипирования внимание обращается на сохранение свечения перфорантов (см. рис. 4 в, г).

Важная роль принадлежит ICG-VA при клипировании сложных аневризм (гигантских, многокамерных и др.). Их непростая ангиоархитектоника, многоэтапность выключения требует повторного ангиографического контроля, который может «раскрыть» невидимые в обычном изображении особенности гемодинамики аневризм. Так в наблюдении больного А., 49 лет, с гигантской дистальной аневризмой ПМА, несмотря на клипирование проксимального отрезка ПМА и ее фронтобазальной ветви, тело аневризмы продолжало «светиться» (рис. 5 а, б), как показала ICG-VA, в результате ретроградного заполнения тела аневризмы из дистального отрезка перикаллезной артерии (см. рис. 5 в, г).

ICG-VA также незаменима в ситуациях, когда требуется ремоделирование просвета несущего сосуда. Клиническим примером является операция у б-го М., 46 лет, с фузиформной многокупольной аневризмой супраклиноидного сегмента VCA (см. рис. 6 а, б). На завершающем этапе клипирования данной аневризмы под контролем интраоперационной ангиографии была смоделирована бифуркация VCA (см. рис. 6 в, г).

Кроме сложных аневризм, интраоперационная видеоангиография особенно показана при так называемых «неудобных» аневризмах, к которым мы отнесли наблюдения, когда отсутствует прямая визуализация шейки при клипировании,

для осмотра «слепых зон» в этих случаях рекомендуется в этих случаях использовать эндоскопический контроль [1]. ICG-VA здесь показала свою информативность, позволяя разрешить сомнения в полноте клипирования аневризмы (рис. 7).

В литературе имеются сообщения о некоторых ограничениях информативности методики ICG-VA. Так, качество изображения падает при наличии крови в цистернах и кровотечениях, при глубоко расположенных аневризмах и склеротических бляшках [3, 10]. Мы бы добавили к этому случаи операций клипирования аневризм в остром периоде разрыва аневризм, когда имеется сочетание этих факторов плюс отек мозга и его повышенная кровоточивость. О сохранности проходимости несущих сосудов в этих случаях судили по косвенным признакам: «свечении» корковых артерий и пиллярных сосудов в русле несущих артерий дистальнее клипирования.

Заключение

Интраоперационная видеоангиография с индоцианином зеленым — высокоинформативная и легко воспроизводимая технология, значительно повышающая качество оценки результатов клипирования. Она позволяет в реальном масштабе времени с высоким разрешением оценить состояние кровотока операционного поля. В 5 наших наблюдениях на основании данных ICG-VA производили репозицию клипса на шейке или во избежание сужения несущих сосудов (3 наблюдения), или при резидуальном кровотоке в аневризме (2 наблюдения). Ни в одном из наших наблюдений не отмечено нарастания неврологической симптоматики после операции, связанной с окклюзией перфорантов, применение данной технологии реально снижает число потенциальных осложнений хирургии аневризм. Следует учитывать особенности интерпретации получаемой ангиографической картины, которые надо увязывать с моментом попадания контраста в русло исследуемой области — до или после наложения клипс, и прибегать к обязательной манипуляции вскрытия купола аневризмы после ее клипирования.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кравец Леонид Яковлевич — д-р мед. наук, проф., руководитель группы микронеурохирургии. ФГБУ «Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии» МЗ РФ, e-mail: Lkravetz@yandex.ru

Николаев Андрей Николаевич — врач-нейрохирург Городской клинической больницы №13 Автозаводского района г. Нижнего Новгорода, e-mail: andrey_nklv@yahoo.com

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Krylov V.V., Godkov I.M. Videoendoscopic assistance in the surgery of cerebral aneurysms. In: Krylov V.V. (ed). Surgery

- of cerebral aneurysms. Moscow; Novoe vremya; 2011; 3: 39-61 (in Russian).
2. Krylov V.V., Godkov I.M. Intraoperative risk factors in surgery of cerebral aneurysms // In: Krylov V.V. (ed). Surgery of cerebral aneurysms. Moscow; Novoe vremya; 2011; 3: 62-89 (in Russian).
3. Lehecka M., Laakso A., Hernesniemi J. Helsinki Microneurosurgery. Basics and Tricks. Saint Petersburg; LLC «BBraun Medical»; 2012: 84-87 (in Russian).
4. Chen SF, Kato Y, Oda J, Kumar A, Watabe T, Imizu S, Oguri D, Sano H, Hirose Y. The application of intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography and analysis of fluorescence intensity in cerebrovascular surgery.// Surg Neurol Int. 2011 Mar 31;2:42.
5. Cordero E, Enseat J, Macho J, Gonzalez JJ, Sanchez M, Fernandez C, Caral L, Valero R, Ferrer E. Intraoperative videoangiography using green indocyanine during aneurysm surgery.// Neurocirugia (Astur). 2010 Aug;21(4):302-5.
6. de Oliveira JG, Beck J, Seifert V, Teixeira MJ, Raabe A. Assessment of flow in perforating arteries during intracranial aneurysm surgery using intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography.// Neurosurgery. 2007 Sep;61(3 Suppl):63-72.
7. Gruber A., Dorfer C., Standhardt H., Bavinzski G., Knosn E. Prospective comparison of intraoperative vascular monitoring technologies during cerebral aneurysm surgery.// Neurosurgery 2011 Mar;68(3):657-73.
8. Hardesty DA, Thind H, Zabramski JM, Spetzler RF, Nakaji P. Safety, efficacy, and cost of intraoperative indocyanine green angiography compared to intraoperative catheter angiography in cerebral aneurysm surgery.// J Clin Neurosci. 2014 Aug;21(8):1377-82.
9. Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery text. / T.D. Alexander, R.L. Macdonald, M.D. Loch, B. Weir, A.B.A. Kovalczuk // Neurosurgery. 1996. - Vol. 39 (1). - P. 10-18.
10. Kulwin C, Cohen-Gadol AA. False-negative indocyanine green videoangiography among complex unruptured middle cerebral artery aneurysms: The importance of further aneurysm inspection. // Br J Neurosurg. 2014 Oct;28(5):658-62.
11. Lai LT, Morgan MK. Use of indocyanine green videoangiography during intracranial aneurysm surgery reduces the incidence of postoperative ischaemic complications.// J Clin Neurosci. 2014 Jan;21(1):67-72.
12. LeRoux PD, Elliot JP, Eskrige JM, Cohen W, Winn HR. Risks and benefits of diagnostic angiography after aneurysm surgery: a retrospective analysis of 597 studies. // Neurosurg. 42 (6): 1248-1254, 1998.
13. Lopez KA, Waziri AE, Granville R, Kim GH, Meyers PM, Connolly ES Jr, Solomon RA, Lavine SD.// Clinical usefulness and safety of routine intraoperative angiography for patients and personnel. Neurosurgery. 2007 Oct;61(4):724-9; discussion 729-30.
14. Oda J, Kato Y, Chen SF, Sodhiya P, Watabe T, Imizu S, Oguri D, Sano H, Hirose Y. Intraoperative near-infrared indocyanine green-videoangiography and graphic analysis of fluorescence intensity in cerebral aneurysm surgery.// J Clin Neurosci. 2011 Aug;18(8):1097-100.
15. Son YJ, Kim JE, Park SB, Lee SH, Chung YS, Yang HJ. Quantitative analysis of intraoperative indocyanine green video angiography in aneurysm surgery.// J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. 2013 Jun;15(2):76-84.
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 Feb;66(1):1-6;
17. Thornton J, Bashir Q, Aletich VA, Debrun GM, Ausman JI, Charbel FT.// What percentage of surgically clipped intracranial aneurysms have residual necks? Neurosurgery. 2000 Jun;46(6):1294-8
18. Washington CW, Zipfel GJ, Chicoine MR, Derdeyn CP, Rich KM, Moran CJ, Cross DT, Dacey RG Jr. 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.