

Интраоперационная флуоресцентная ангиография с индоцианином в хирургии аневризм головного мозга. Первый опыт применения и обзор литературы

Д.м.н., проф. Ш.Ш. ЭЛИАВА, к.м.н. О.Д. ШЕХТМАН*, к.м.н. Ю.В. ПИЛИПЕНКО, к.м.н. Д.Н. ОКИШЕВ, д.м.н. А.С. ХЕЙРЕДДИН, С.А. КИСАРЬЕВ, А.Н. КАФТАНОВ

ФГБНУ «НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» (дир. — акад. РАН А.А. Потапов), Москва

Интраоперационная оценка проходимости артерий после клипирования аневризм в настоящее время считается общепринятой практикой в нейрохирургии. Методикой, недавно сертифицированной для использования на отечественном рынке, является видеоангиография с индоцианином. В настоящей публикации коллектив авторов Института нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко представляет свой опыт применения видеоангиографии у 15 больных с интракраниальными аневризмами. В работе описаны преимущества и недостатки новой методики, а также сопоставление с существующими альтернативными методами.

Ключевые слова: лечение аневризм, видеоангиография, клипирование.

Intraoperative indocyanine green fluorescence angiography in surgery of brain aneurysms. The first experience with using the technique and literature review

SH.SH. ELIAVA, O.D. SHEKHTMAN, YU.V. PILIPENKO, D.N. OKISHEV, A.S. KHEIREDDIN, S.A. KISAR'EV, A.N. KAFTANOV

Burdenko Neurosurgical Institute, Moscow, Russia

Intraoperative blood flow assessment after aneurysm clipping has become a standard procedure in vascular neurosurgery worldwide. Intraoperative indocyanine green angiography (ICG) has recently been certified in Russia. Fifteen patients with aneurysms operated with ICG control in Burdenko NSI are described in present publication. ICG advantages and weaknesses are discussed along with alternative flow control techniques available now.

Key words: aneurysms treatment, videoangiography, clipping.

Список сокращений

ВСА — внутренняя сонная артерия, ИФА — интраоперационная флуоресцентная ангиография, ПК — перикаллезная артерия, ПМА—ПСА — передняя мозговая—передняя соединительная артерия, СКТ/МР-ангиография — спиральная компьютерная/магнитно-резонансная ангиография, СМА — средняя мозговая артерия, УЗДГ — ультразвуковая доплерография.

Успешное хирургическое лечение аневризм сосудов головного мозга требует полного исключения аневризмы при сохранении проходимости несущих артерий и их ветвей. По данным M. Sindou и соавт. [7, 15], неполное клипирование аневризм даже в специализированных нейрохирургических центрах составляет 4—8%, а риск повторного кровоизлияния в такой ситуации — 4%. Хотя арсенал нейрохирургов в последние годы пополнился новыми интраоперационными методиками оценки кровотока, такими как ультразвуковая контактная доплерография и флуометрия, «золотым стандартом» качества исключения аневризмы, по-прежнему, является

контрастная ангиография. Интраоперационная ангиография в свою очередь в рутинной практике дорога, требует специально оснащенной операционной и применяется только в крупных зарубежных клиниках.

Технология интраоперационного контрастирования мозговых сосудов с помощью флуоресцентного контраста, внешней камеры и светофильтров в нейрохирургии была впервые продемонстрирована W. Feindel и соавт. [6] в 1967 г. В 1994 г. С. Wrobel и соавт. [18] описали первый опыт применения видеоангиографии с индоцианином в хирургии аневризм. Компания «Zeiss» стала первым производителем,

который создал нейрохирургический микроскоп с интегрированной лампой ближнего инфракрасного излучения (800 нм), позволившей визуализировать сосуды, контрастируемые с помощью индоцианина зеленого. В 2003 г. работа А. Raabe и соавт. [12], включавшая 14 больных с аневризмами и фистулами, которым была успешно применена методика интраоперационной флуоресцентной ангиографии (ИФА), открыла серию публикаций, посвященных исследованию возможностей новой методики.

С 2014 г. после сертификации контраста в России методика ИФА стала доступна для отечественных нейрохирургов. В настоящей работе представлен начальный опыт использования данной методики в сосудистом отделении НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.

Материал и методы

Индоцианин зеленый (Indocyanine green, или ICG в англоязычной литературе) представляет собой йодсодержащий, водорастворимый флуоресцентный краситель, поглощающий инфракрасное излучение в диапазоне спектра 750–950 нм с пиком 800 нм. После внутривенного введения препарат на 98% связывается с белками плазмы крови, не подвергаясь метаболизму, и практически не выходит за пределы капилляров. Краситель полностью элиминируется печенью, выделяясь в неизменном виде с желчью. Побочные эффекты редки (0,1–0,2%), в качестве индивидуальных реакций описаны анафилактический шок, гипотензия, тахикардия, крапивница [3]. Индоцианин зеленый широко используется уже более 40 лет в хирургии для оценки функции печени, кровоснабжения кишечных анастомозов, сосудистых шунтов, трансплантатов и др. Важную роль методика занимает в офтальмологии для диагностики процессов хориоидеи глаза.

Для нейрохирургической диагностики препарат на российский рынок поставляется под названием «Индоцианин зеленый-пульсион», во флаконах, содержащих 25 мг лиофилизата. Препарат разводится 5 мл воды для инъекций непосредственно перед внутривенным введением (физиологический и другие солевые растворы могут провоцировать выпадение осадка). Время полураспада зависит от функции печени и составляет в среднем 3–4 мин [3].

ИФА проводится после клипирования аневризмы и выполнения гемостаза. Из операционного поля необходимо убрать ватники, фрагменты гемостатической марли и прочие агенты, закрывающие сосуды. После включения функции видеоангиографии микроскоп автоматически проводит процедуру калибровки, оценивая фокусное расстояние до раны. Разведенный контраст вводится в центральную вену, начиная контрастировать сосуды через 8–10 с и достигая пика на 15–20-й секунде.

В течение мая 2014 г. в отделении были оперированы 15 пациентов с применением методики ИФА, которая дублировалась измерением кровотока с помощью контактной ультразвуковой доплерографии (УЗДГ). Исследуемая группа включала 9 мужчин и 6 женщин в возрасте от 17 до 56 лет (средний возраст 43,2 года). В остром периоде оперирована 1 больная (тяжесть по шкале Ханта—Хесса — II степень), у 3 пациентов клипированы неразрывавшиеся

аневризмы. У 5 (33,3%) больных были множественные аневризмы, у 1 — гигантская параклиноидная аневризма, у 2 — большие аневризмы. Все аневризмы были успешно выключены. Для оценки результатов операции 7 (46,7%) пациентам выполнена контрольная ангиография, 2 (13,3%) — СКТ-ангиография. Подробнее характеристика группы приведена в табл. 1.

Результаты

Процедура выполнения ИФА занимала около 10 мин. Двум пациентам она выполнена дважды — до и после репозиции аневризмы. Результаты ИФА и предпринятые оперирующим хирургом действия суммированы в табл. 2.

В 2 случаях аневризм области ПМА—ПСА видеоангиография не позволила выявить остаточную пришеечную часть аневризмы. В первом случае (№2) остаток был выявлен при селективной ангиографии после операции. Во втором случае в результате окончательной ревизии клипса после ИФА удалось уточнить анатомию аневризмы, выявить частичное клипирование и выключить аневризму другим клипсом.

Случаев неполного клипирования аневризм в ходе ИФА не отмечено. При контрольной ангиографии во всех 10 случаях аневризмы были выключены: в 1 случае, как указано выше, выявлен небольшой пришеечный участок; еще у 1 пациента (№10) обнаружен небольшой стеноз ВСА после клипирования двух супраклиноидных аневризм.

Принципиальную пользу ИФА, на наш взгляд, принесла в 3 случаях. Она позволила выявить стеноз ПК и ветви СМА, не очевидные при УЗДГ, в случаях №7 и №8. В случае №13 был подтвержден кровоток в контралатеральной артерии Гюбнера, проходимость которой иначе оценить не представлялось возможным. Случаев расхождения данных с результатами УЗДГ не отмечено.

Клинические примеры

Пример 1 (рис. 1). Больной В., 52 года (№9). Диагноз: гигантская, частично тромбированная аневризма устья задней соединительной артерии (ЗСА)

Таблица 1. Характеристика исследуемой группы

Характеристика	Исследуемая группа
Общее число больных/аневризм	15/21
Мужчины/женщины	9/6
Возраст (средний, min—max + σ), годы	43,2±9,6 (17—56)
Локализация аневризм:	
параклиноидный сегмент ВСА	1
супраклиноидный сегмент ВСА	9
ПМА—ПСА	6
СМА	3
ПК	2
Гигантские аневризмы, число больных	1
Большая аневризма, число больных	2
Множественные аневризмы, число больных	5

Примечание. Здесь и в табл. 2: ВСА — внутренняя сонная артерия; ПМА—ПСА — передняя мозговая артерия—передняя соединительная артерия; СМА — средняя мозговая артерия; ПК — перикаллезная артерия.

Таблица 2. Результаты ИФА в исследованной группе

№ больного	Аневризма	Операция	Данные ИФА
1	Офтальмический сегмент ВСА, бифуркация ВСА, СМА	Все клипированы	Полное выключение, все сосуды проходимы
2	ПМА—ПСА слева	Клипирование	ИФА не выявила пришеечный остаток, который обнаружен при ангиографии после операции
3	ВСА справа	«»	Полное выключение, ВСА и передняя ворсинчатая артерия проходимы
4	ПМА—ПСА слева	«»	Пришеечный остаток не виден, выявлен при ревизии
5	СМА справа	«»	Полное выключение, ветви СМА проходимы
6	Две аневризмы ВСА справа	«»	Полное выключение, ВСА и передняя ворсинчатая артерия проходимы
7	ПК слева	«»	Выявлен стеноз артерии, выполнена репозиция клипса
8	СМА справа	«»	Выявлен стеноз ветви, выполнена репозиция клипса
9	ВСА справа	«»	Полное выключение, ВСА и передняя ворсинчатая артерия проходимы
10	Две аневризмы ВСА справа	«»	Полное выключение, небольшой стеноз ВСА, при ИФА и УЗДГ — хороший кровоток, репозиция клипса не выполнялась
11	ПК слева	«»	Полное выключение, ПК проходима. ИФА позволила уточнить анатомию и без последствий выключить ветку ПК
12	ПСА, бифуркация ВСА справа	«»	Полное выключение, ветви проходимы
13	ПСА слева	«»	Полное выключение. При ИФА визуализирована труднодоступная для УЗДГ артерия Гюбнера
14	Бифуркация ВСА, СМА слева	«»	Полное выключение, ветви проходимы
15	ПМА—ПСА справа	«»	То же

справа. Операция: клипирование аневризмы, при ИФА подтвержден кровоток в передней ворсинчатой артерии (указана стрелкой), аневризма не контрастируется.

Пример 2 (рис. 2). Больная Е., 26 лет (№11). Большая аневризма ПК слева. При межполушарном подходе выявлена артерия, пересекающая тело аневризмы и затрудняющая подход к шейке (указана стрелкой) (см. рис. 2, б). В ходе ИФА стало ясно, что артерия заполняется ретроградно, не являясь непосредственной веткой ПК. Ветка коагулирована, аневризма успешно клипирована, что подтверждено при контрольной ангиографии (см. рис. 2, г). Неврологический статус больной после операции без динамики.

Пример 3 (рис. 3). Больная М., 44 года (№13). Маленькая аневризма ПМА—ПСА слева. После клипирования аневризмы ИФА позволила убедиться в функционировании правой артерии Гюбнера справа (рис. 3, в, г, указана стрелкой), которая могла быть компремирована наложенным клипсом. Оценить кровоток в артерии Гюбнера с помощью контактной УЗДГ не представлялось возможным.

Пример 4 (рис. 4). Больной Э., 39 лет (№2). Большая аневризма ПМА—ПСА слева, в ходе операции выключена двумя клипсами. Кровоток в обоих А2 сегментах (см. рис. 4, б, в) подтвержден при ИФА, которая, однако, не позволила визуализировать пришеечную функционирующую часть аневризмы,

обнаруженную при селективной ангиографии (см. рис. 4, г).

Обсуждение

Визуальная оценка проходимости артерий после клипирования шейки аневризмы не всегда может дать надежную оценку ситуации. Вскрытие (пункция) аневризмы позволяет судить о полноте выключения аневризмы дистальнее клипса, но не дает информации о функционирующем участке аневризмы проксимальнее бранш или о кровотоке в ветвях. На сегодняшний день общепризнанным считается положение о том, что оперирующему хирургу следует проводить оценку кровотока в аневризме и прилежащих ветвях с помощью объективных интраоперационных методик, не полагаясь только на визуальную картину.

ИФА — простой и повторяемый метод оценки кровотока в режиме реального времени, который дает возможность нейрохирургу в течение 3—5 мин выявить нежелательный сосудистый конфликт и принять необходимые действия. Примечательно, что частота репозиции клипса по результатам ИФА, по данным разных авторов [14], варьирует в значительной мере — от 2 до 38%. Причиной этого является разное число пациентов в исследованиях, несистемное применение методики, неоднородность групп и ограниченный опыт хирургов. Наши резуль-

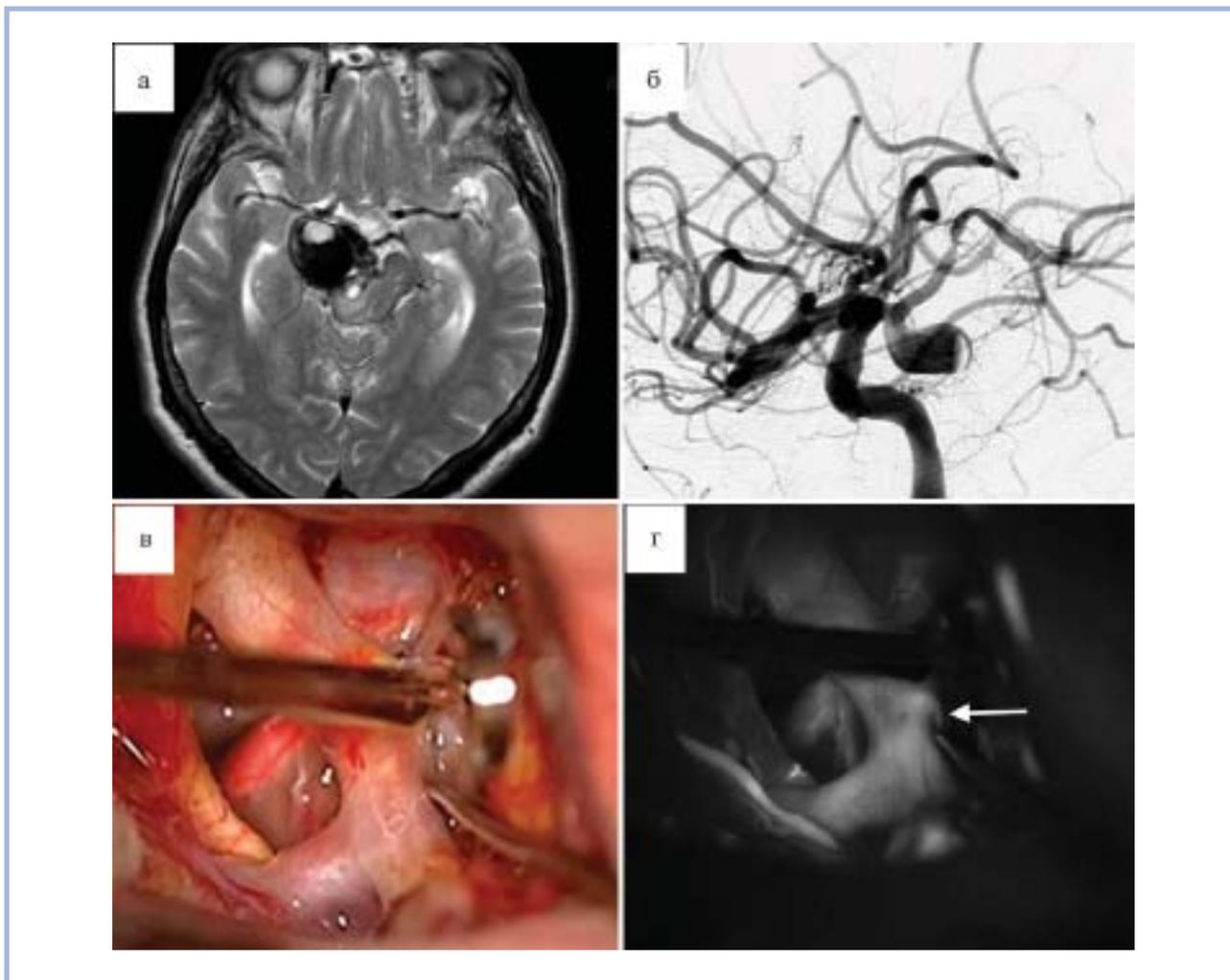


Рис. 1. СКТ-ангиография больной В. (№9), где визуализируется гигантская частично тромбированная аневризма правой ВСА (а); б — при селективной каротидной ангиографии контрастируется только часть аневризмы; в — интраоперационная фотография после наложения клипса; г — при ИФА подтвержден кровоток в передней ворсинчатой артерии (указана стрелкой), аневризма не контрастируется.

Таблица 3. Частота репозиции клипсов и неполного выключения аневризм по результатам ИФА

Автор, год	Число больных	Частота репозиции, %	Остаток аневризмы, %
A. Raabe и соавт., 2005 [13]	114	9	—
R. Dashti и соавт., 2009 [5]	190	12	6
C. Washington и соавт., 2013 [17]	49	4,1	6,1
H. Moon и соавт., 2013 [11]	127	6,3	4,7
K. Roessler и соавт., 2014 [14]	232	9,1	4,5
Наше исследование	16	12,5	0

таты, несмотря на небольшое количество больных, сопоставимы с крупными зарубежными работами (табл. 3).

Для интраоперационной оценки кровотока в церебральных артериях давно применяются методы ультразвуковой диагностики — контактная доплерография и флуометрия. Если последняя не нашла широкого распространения в силу больших размеров датчиков, лимитирующих их мобильность в узкой ране, то контактная доплерография является

наиболее распространенным методом оценки качества клипирования. В исследованиях J. Gilsbach и W. Hassler, R. Stendel и соавт. [8, 16] показана возможность применения интраоперационной УЗДГ, причем хирургически значимые осложнения наблюдались в 10—18,9% случаев. Позднее J. Bailes и соавт. и J. Gilsbach и W. Hassler [4, 8] в сравнительных исследованиях отметили 100% соответствие результатов контактной УЗДГ и контрольной ангиографии. Как показал анализ наших данных, в 23%

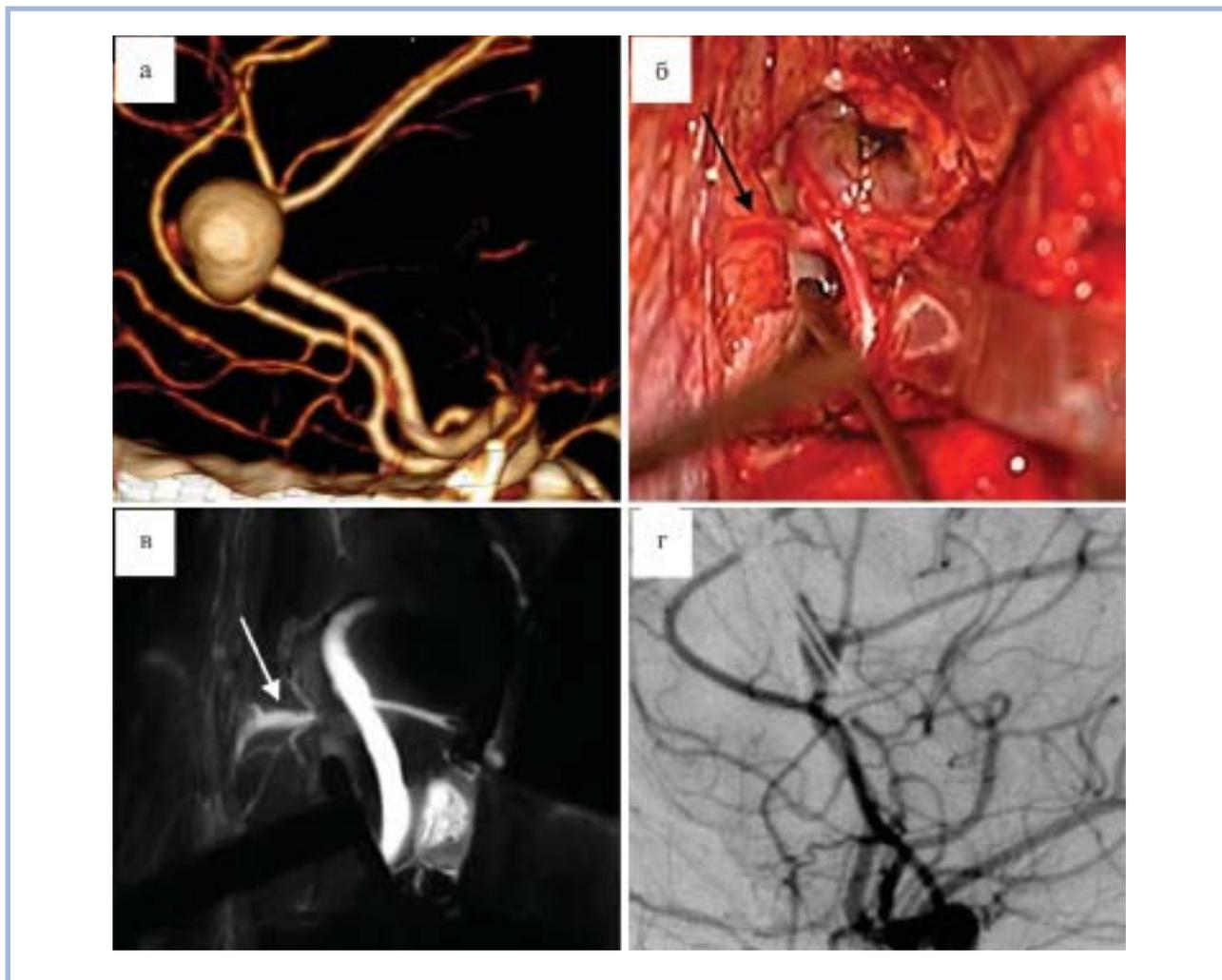


Рис. 2. СКТ-ангиография больной Е. (№11).

Визуализируется большая перикаллезная аневризма слева (а); интраоперационная фотография ветви перикаллезной артерии (б), которая при ИФА заполняется ретроградно (в) и не связана с аневризмой; при контрольной левосторонней каротидной ангиографии аневризма выключена totally (г).

операций на аневризме результаты контактной УЗДГ явились основанием для активных действий оперирующего хирурга: репозиции или наложения другого клипса, изменения схемы клипирования и пр. [1]. Важно отметить, что контактная доплерография 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. Кроме того, как показала многолетняя практика применения датчиков, они требуют аккуратного обращения и малопригодны для частой стерилизации.

Контактная доплерография — метод мануальной диагностики, которая обладает определенной неточностью. Ее результаты зависят от угла инсонации сосуда, точки исследования, толщины сосуда и других переменных, что квалифицирует методику

скорее как качественную, а не количественную. Принципиальным преимуществом ультразвуковой флуометрии является измерение объемной скорости кровотока в отличие от линейной скорости, которую показывает доплер. Эта особенность делает флуометрию незаменимым методом оценки кровотока в анастомозах и при выключении крупного сосуда с целью треппинга аневризмы, что особенно актуально для больших и гигантских аневризм [2].

В этой связи появление ИФА — новой, технически простой и неинвазивной методики визуализации сосудов — вызвало широкий интерес у сосудистых нейрохирургов. Проведение ИФА требует, по сути, только наличия современной модели микроскопа с инфракрасным модулем, который на сегодняшний момент предлагают все ведущие производители — Zeiss Pentero, Leica FL800 и Moller 20-1000. Однако ИФА имеет ряд недостатков, связанных с тем, что хирург может проследивать флуоресцент-

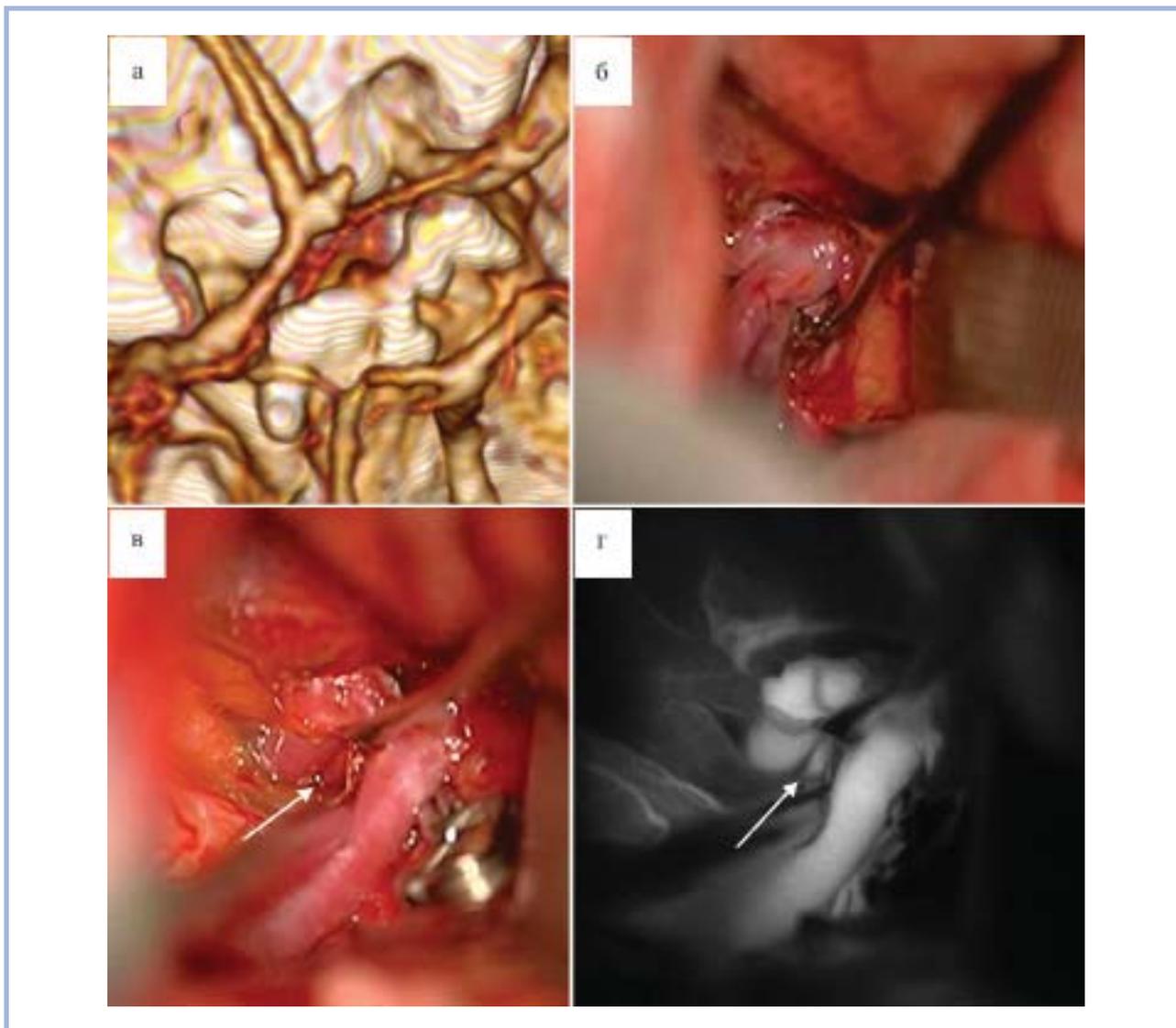


Рис. 3. СКТ-ангиография больной М. (№13).

а — визуализируется маленькая аневризма ПМА—ПСА слева; б — интраоперационная фотография, где видна аневризма, тесно прилегающая к артерии Гюбнера; в, г — после клипирования артерия Гюбнера проходима визуально и при ИФА.

ный кровоток только в пределах непосредственной видимости, тогда как зачастую зона интереса скрыта веткой сосуда, клипсой, аневризмой и пр.

По мнению К. Roessler и соавт. [14], проанализировавших результаты хирургического лечения 246 пациентов, ИФА обладает более высокой информативностью, поскольку все больные, которым потребовалась репозиция клипса на основании данных ИФА, имели нормальные результаты УЗДГ исследования. Тем не менее сравнение эффективности контрастной ангиографии и ИФА, как показали С. Washington и соавт. [17], было не в пользу последней. При сравнении результатов 49 больных с аневризмами, которым были выполнены оба исследования, авторы обнаружили расхождение выводов в 14,3% случаев, главным образом потому, что при ИФА было возможным визуализировать только до-

ступные глазу сосуды. На аналогичный недостаток указывают К. Roessler и соавт. [14] — в 9,1% случаев селективная ангиография позволила выявить маленькие пришеечные остатки аневризмы, не видные при ИФА. У 2 (0,8%) больных вскрытие аневризмы обнаружило ее неполное выключение при нормальной картине по данным ИФА. D. Hardesty и соавт. [9], сравнив результаты применения интраоперационной ангиографии (100 больных) и ИФА (100 больных), показали, что риск развития послеоперационной ишемии, ложноотрицательных результатов и частота репозиций клипс достоверно в группах не различались.

Труднодоступные для прямого обзора зоны интереса во время операции можно лучше увидеть с помощью эндоскопической ИФА, новой методики, возможности которой впервые недавно продемон-

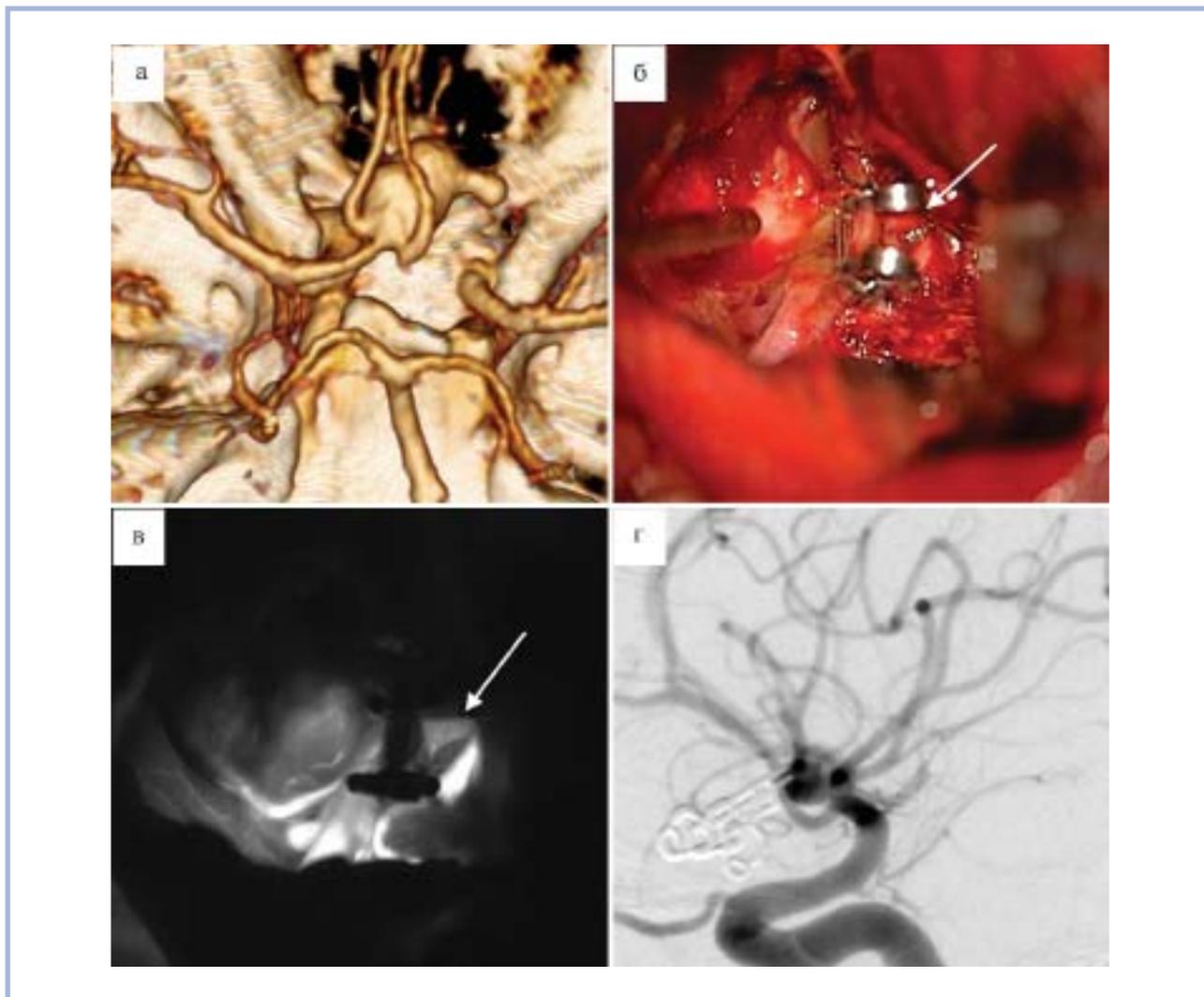


Рис. 4. СКТ-ангиография больной Э. (№2)

Выявляется большая аневризма области ПМА—ПСА слева (а); интраоперационная фотография после наложения клипс (б); оба А2 сегмента (правый указан стрелкой) хорошо контрастируются при ИФА (в); функционирующая пришеечная часть аневризмы была выявлена при селективной каротидной ангиографии (г).

стрировали D. Mielke и соавт. [10]. Авторы указывают, что эндоскоп стал более информативным средством контроля кровотока у 11 (42,3%) больных, позволяя лучше визуализировать мелкие и скрытые сосуды. Кроме того, они отметили, что продолжительность флуоресцентного эффекта при эндоскопической ИФА в несколько раз больше.

Говоря о современных методиках интраоперационной оценки кровотока, следует упомянуть МР-ангиографию и спиральную КТ-ангиографию — методики, которые являются составной частью новейших мультимодальных операционных театров VISIUS, AMIGO и др. Время подготовки больного и само исследование в таких условиях исчисляются минутами. Однако несмотря на открытие мультимодальных операционных в ряде зарубежных клиник, системные результаты операций на

аневризмах в подобных условиях пока не представлены.

Немаловажную роль в сравнении методик интраоперационного контроля кровотока играет ее экономичность. Расчет стоимости, проведенный нами, носит достаточно приблизительный характер и не учитывает расходы на покупку основного оборудования (микроскопа, аппарата УЗДГ и пр.) и его амортизацию. Стоимость ультразвуковых исследований рассчитана, исходя из пятикратного применения датчика в ходе операционной недели с учетом последующей газовой стерилизации и срока службы 3 мес. Цена индоцианина и СКТ/МР-ангиографии приведена по прейскуранту на момент написания работы (июнь 2014 г.). В табл. 4 суммированы примерная стоимость исследований, а также ключевые преимущества и недостатки каждой методики.

Таблица 4. Сравнительная характеристика интраоперационных методов оценки кровотока, используемых в сосудистой нейрохирургии

Исследование	Преимущества	Недостатки	Примерная стоимость исследования
Селективная ангиография	«Золотой стандарт» в сосудистой хирургии: незаменима при сложных, гигантских и фузиформных аневризмах Высокая вероятность определения стеноза сосуда/выключения аневризмы	Инвазивная методика (осложнения — 1,7—2,9%) Долгое время подготовки (20—30 мин) Технически сложный метод, непрacticен в ежедневной работе Высокая стоимость Плохо визуализируются мелкие сосуды (перфоранты)	14 000 руб. (1 бассейн)
ИФА	Простой, быстрый и повторяемый метод Безопасный По точности мало уступает ангиографии Позволяет увидеть мелкие артерии (перфоранты) Не ограничивает хирурга во время проведения процедуры	Контрастируются только непосредственно видимые сосуды Ложноположительные результаты при ретроградном заполнении артерии	5500 руб.
Контактная УЗДГ	Простой, быстрый и легко повторяемый метод Безвредный Экономичный Удобен в ежедневной работе	По точности уступает ангиографии «Локальное» исследование Субъективная оценка Определяет линейную скорость кровотока	650 руб. (на 1 операцию)
Флуометрия	Доступный и безопасный метод Экономичный Незаменим при наложении анастомозов, треппинге или проксимальном выключении аневризмы	Оценка кровотока возможна только в крупных артериях Большой размер датчика	1200 руб. (на 1 операцию)
СКТ/МР-ангиография	Перспективный метод нейровизуализации Визуализация как сосудов, так и структур мозга	Очень высокая цена оборудования Опыт применения пока не накоплен	12 000—14 000 руб.

Заключение

Интраоперационная видеоангиография с индоцианином — доступный, безопасный и повторяемый метод оценки локального кровотока, сопоставимый с селективной ангиографией. Выполнение ИФА не требует дополнительных навыков, персонала и сложного оборудования. Возможность визуализации перфорантов и мелких артерий при ИФА выгодно отличает его от всех имеющихся альтернатив. Короткое время исследования оставляет хирургу возможность оперативно исправить ошибку и провести репозицию клипса.

Основным недостатком метода представляется визуализация только сосудов в пределах прямой ви-

димости, что снижает его чувствительность и, как указывают все исследователи, может приводить к ложноотрицательным результатам. Атеросклеротические бляшки, утолщенные или кальцинированные стенки аневризмы — факторы, резко ограничивающие флуоресцентный эффект, что делает метод мало пригодным в подобных ситуациях. Как показал наш начальный опыт, методика ИФА, несомненно, позволяет оперирующему нейрохирургу адекватно оценить локальный кровоток в большинстве стандартных случаев. Метод менее информативен при операциях на больших аневризмах и аневризмах со сложной анатомией, где некоторые зоны интереса остаются скрытыми. В таких случаях требуется применение контактного доплера или иных альтернатив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Элиава Ш.Ш., Шехтман О.Д., Золотухин С.П., Сазонов И.А., Хейреддин А.С. Интраоперационная контактная доплерография в хирургии аневризм сосудов головного мозга. *Вопр нейрохир* 2006; 2: 42—47.
2. Шехтман О.Д., Элиава Ш.Ш., Шахнович В.А., Пилипенко Ю.В. Роль интраоперационной флоуметрии в хирургии сложных аневризм. *Вопр нейрохир* 2011; 75: 3: 39—49.
3. Alander J.T., Kaartinen I., Laakso A., Päätilä T., Spillmann T., Tuchin V.V., Venermo M., Välisuo P. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int J Biomed Imag* 2012; 2012: 940585.
4. Bailes J.E., Tantuwaya L.S., Fukushima T., Schurman G.W., Davis D. Intraoperative microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery. *Neurosurgery* 1997; 40: 5: 965—970; discussion 970—972.
5. Dashti R., Laakso A., Niemelä M., Porras M., Hernesniemi J. Microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography during surgery of intracranial aneurysms: the Helsinki experience. *Surg Neurol* 2009; 71: 5: 543—550; discussion 550.
6. Feindel W., Yamamoto Y.L., Hodge C.P. Intracarotid fluorescein angiography: a new method for examination of the epicerebral circulation in man. *Can Med Ass J* 1967; 96: 1: 1—7.
7. Feuerberg I., Lindquist C., Lindqvist M., Steiner L. Natural history of post-operative aneurysm rests. *J Neurosurg* 1987; 66: 1: 30—34.
8. Gilsbach J.M., Hassler W.E. Intraoperative Doppler and real time sonography in neurosurgery. *Neurosurg Rev* 1984; 7: 199—208.
9. Hardesty D.A., Thind H., Zabramski J.M., Spetzler R.F., Nakaji P. Safety, efficacy, and cost of intraoperative indocyanine green angiography compared to intraoperative catheter angiography in cerebral aneurysm surgery. *J Clin Neurosci* 2014.
10. Mielke D., Malinova V., Rohde V. Comparison of Intraoperative Microscopic and Endoscopic ICG-angiography in Aneurysm Surgery. *Neurosurgery* 2014.
11. Moon H.S., Joo S.P., Seo B.R., Jang J.W., Kim J.H., Kim T.S. Value of indocyanine green videoangiography in deciding the completeness of cerebrovascular surgery. *J Korean Neurosurg Soc* 2013; 53: 6: 349—355.
12. Raabe A., Beck J., Gerlach R., Zimmermann M., Seifert V. Near-infrared indocyanine green video angiography: a new method for intraoperative assessment of vascular flow. *Neurosurgery* 2003; 52: 1: 132—139; discussion 139.
13. 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; discussion 7—8.
14. Roessler K., Krawagna M., Dörfler A., Buchfelder M., Ganslandt O. 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: E7.
15. 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.
16. Stendel R., Pietila T., Hassan A., Schilling A., Brock M. Intraoperative microvascular Doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 2000; 68: 29—35.
17. Washington C.W., Zipfel G.J., Chicoine M.R., Derdeyn C.P., Rich K.M., Moran C.J., Cross D.T., Dacey R.G.Jr. Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery. *J Neurosurg* 2013; 118: 2: 420—427.
18. Wrobel C.J., Meltzer H., Lamond R., Alksne J.F. Intraoperative assessment of aneurysm clip placement by intravenous fluorescein angiography. *Neurosurgery* 1994; 35: 5: 970—973; discussion 973.

Комментарий

Необходимость контроля кровотока в сосудах, непосредственно граничащих с аневризмой, после ее выключения не вызывает сомнений и является стандартной частью операции. Арсенал сосудистых нейрохирургов, имевших в своем распоряжении ультразвуковой доплер и флоуметр, пополнился хорошо известной за рубежом методикой флуоресцентной видеоангиографии. По данным литературы, было известно, что метод хорошо зарекомендовал себя в практике как простой и неинвазивный способ оценки кровотока. В 2014 г. после сертификации контраста в России отечественные хирурги получили возможность применять флуоресцентную ангиографию в хирургии аневризм.

В статье проф. Ш.Ш. Элиава и соавт. описаны особенности применения ИФА у 15 пациентов с различными

интракраниальными аневризмами. На клинических примерах авторы продемонстрировали возможности и недостатки метода, показали перспективы его внедрения в сравнении с альтернативными способами контроля кровотока. Видеоангиография представляется простым, доступным и экономичным способом оценки локального кровотока. Работа представляет несомненный интерес для нейрохирургов сосудистых центров. К сожалению, малочисленный размер группы не позволяет провести статистический анализ и достоверно оценить влияние метода на исходы лечения. Работа включала только больных с аневризмами, в то время как несомненный интерес представляет роль ИФА при создании сосудистых микроанастомозов, в хирургии брахицефальных сосудов и при удалении АВМ.

В.А. Лазарев (Москва)