

KEYHOLE-ДОСТУПЫ В ХИРУРГИИ АНЕВРИЗМ ПЕРЕДНИХ ОТДЕЛОВ АРТЕРИАЛЬНОГО КРУГА БОЛЬШОГО МОЗГА

Р.С. Джинджихадзе^{1,2}, О.Н. Древаль¹, В.А. Лазарев¹, Р.Л. Камбиев², И.О. Богданович², А.М. Давудов¹

¹ Кафедра нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава РФ, Москва,

² ГКБ им. Ф.И. Иноземцева, Москва

Цель. Мы представляем предварительный опыт дифференцированного подхода в использовании различных keyhole-доступов в хирургии аневризм переднего отдела АКБМ (артериального круга большого мозга) Виллизиева круга.

Материал и методы. В период с 2014 г. по март 2016 г. проведено хирургическое лечение 90 больных с 95 аневризмами передних отделов АКБМ. У большинства пациентов были неразорвавшиеся аневризмы (62 больных). У 28 больных диагностировано субарахноидальное кровоизлияние (САК), 18 из которых оперированы в остром периоде. Тяжесть состояния всех пациентов с САК оценено как I и II по шкале Hunt-Hess. Степень выраженности САК 1-2 по шкале Fisher. Выбор хирургического доступа определяли после тщательной оценки анатомии интракраниальных структур и аневризм.

Результаты: Все аневризмы были полностью выключены из мозгового кровотока. Серьезных осложнений или летальных случаев в группе больных не было.

Заключение. Прогресс минимально инвазивных вмешательств позволяет при правильном подборе пациентов значительно снижать: травматизацию хирургических доступов, ассоциированные осложнения и негативные косметические эффекты. Быстрое восстановление пациентов и сокращение сроков стационарного лечения с возможностью скорейшей социальной и трудовой адаптации после сложных нейрохирургических вмешательств и являются приоритетной необходимостью в наши дни.

Ключевые слова: супраорбитальный доступ, keyhole, трансорбитальный доступ, мини-птериональный доступ, церебральные аневризмы

Objective. to present the preliminary experience of differentiated strategy for the usage of various keyhole approaches for the treatment of anterior circulation aneurysms.

Material and methods. Authors operated 90 patients with 95 aneurysms of anterior circulation from 2014 to March 2016. The majority of patients had unruptured aneurysms (62 patients). Subarachnoid hemorrhage (SAH) was observed in 28 patients, among them 18 patients were operated on in the acute period of SAH. The severity of state of all patients with SAH was assessed as I and II stage according to Hunt-Hess scale and intensity of SAH was 1-2 by Fisher scale. The choice of surgical approach was determined after accurate assessment of intracranial structures and aneurysms anatomy.

Results: All aneurysms were completely excluded from the cerebral blood flow. No serious complications or deaths were observed in examined group.

Conclusion. The progress of minimally invasive procedures and adequate selection of patients for operation allow significantly lowering the surgical trauma, the number of associated complications and incidence of adverse cosmetic effects. The fast recovery of patients and shortening the in-hospital stay period alongside with the social adaptation after neurosurgical procedures is the priority direction nowadays.

Key words: supraorbital approach, keyhole, transorbital approach, minimal pterional approach, cerebral aneurysms

Последние десятилетия птериональная краниотомия (ПК), предложенная M.G. Yasargil, является «золотым стандартом» в хирургическом лечении большинства аневризм передних отделов артериального круга большого мозга (АКБМ) и аневризм бифуркации основной артерии [24]. За это время ПК зарекомендовала себя как безопасный и эффективный доступ, обеспечивающий адекватный обзор и возможность свободной манипуляции микроинструментами. Помимо хирургии аневризм, ПК также широко используют для доступа к внутричерепным опухолям передней, средней черепной ямки и верхних отделов ската. Позже J. Hernesniemi

и соавт. модифицировали ПК и популяризировали латеральный супраорбитальный доступ. Основным отличием по сравнению с ПК авторы считают более субфронтальную траекторию к параселлярному пространству и меньшую травматичность [9].

Однако несомненно наиболее значимым успехом в хирургии аневризм является внедрение эндоваскулярных технологий, и основным их преимуществом по сравнению с открытой хирургией является минимальная травматичность вмешательства.

Современные возможности keyhole-хирургии связаны с усовершенствованием микрохирурги-

ческой техники, появлением флюоресцентной интраоперационной ангиографии, эндоскопической визуализации и позволяют сфокусироваться на точности и эффективности вмешательства. При этом концепция keyhole нивелирует последствия традиционной хирургии, позволяет значительно снизить, а порой и избавиться от доступ-ассоциированных осложнений, обеспечивает отличный косметический эффект и удовлетворенность пациентов.

Первые работы, в которых представлены результаты минимально-инвазивной нейрохирургии, представлены D. Wilson в 1971 г. Автор использовал простые линейный разрез и малую краниотомию [22]. T. Fukushima и соавт. в 1991 г. опубликовали результаты использования межполушарного keyhole-доступа к аневризмам передней соединительной артерии [8]. Пионером современной keyhole-нейрохирургии несомненно является Axel Perneczky. Обладая значительным опытом, A. Perneczky популяризировал минимально-инвазивную нейрохирургию, сформулировав основные идеи концепции keyhole и ее возможности в современных условиях [1,7,13-18,20]. В наши дни накоплен значительный опыт keyhole-хирургии, доказывающий свою эффективность в отношении минимизации хирургической агрессии при правильном подборе пациентов [6,10—12,19,21,23].

Мы представляем предварительный опыт дифференцированного подхода в использовании различных keyhole-доступов в хирургии аневризм переднего отдела АКБМ.

Материал и методы

В период с 2014 г. по март 2016 г. на клинических базах кафедры нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО проведено лечение 90 больных с 95 аневризмами передних отделов АКБМ. У двух больных было 2 и 3 аневризмы соответственно. Возраст больных варьировал от 30 до 76 лет (в среднем 56 лет). Соотношение мужчин/женщин 35:55.

Всем больным выполнена спиральная КТ-ангиография с 3D-реконструкцией. У большинства пациентов были неразорвавшиеся аневризмы (62 больных). У 28 больных было САК, 18 из которых оперированы в остром периоде. Тяжесть состояния всех пациентов с САК оценено как I и II по шкале Hunt-Hess. Степень выраженности САК 1-2 по шкале Fisher.

Выбор хирургического доступа определяли после тщательной оценки анатомии интракраниальных структур и аневризм. Большинство аневризм, клипированных из keyhole-доступов, были малых или средних размеров, не более 15 мм в диаметре. У двух пациентов были крупные аневризмы, 16 и 17 мм соответственно.

Мы использовали дифференцированный подход при выборе keyhole-доступов в зависимости от локализации аневризм и ее размеров (табл. 1, 2).

При аневризмах передней мозговой-передней соединительной артерии (ПМА-ПСА), М1-сегмента средней мозговой артерии (СМА), супраклиноидного отдела внутренней сонной артерии (ВСА) предпочтение отдавали супраорбитальному доступу через разрез по брови. При аневризмах бифуркации средней мозговой артерии методом выбора рассматривали мини-птериональный доступ. При аневризмах дистальных отделов передней мозговой артерии выполняли межполушарный keyhole-доступ. Мини-орбитозигматический доступ выполняли при офтальмических аневризмах и 2-м пациентам с крупными аневризмами. Двум пациентам выполнен супраорбитальный контралатеральный доступ с целью клипирования офтальмических аневризм.

При сложных крупных и гигантских аневризмах методом выбора рассматривали более широкие доступы от латерального супраорбитального доступа, классической птериональной краниотомии до орбитозигматического доступа с его различными модификациями. Мы также не рассматривали keyhole-доступы у пациентов в состоянии декомпенсации (Hunt-Hess III-V), при массивных субарахноидальных кровоизлияниях и больших паренхиматозных гематомах, сопровождающихся отеком мозга и внутричерепной гипертензией. Большинству из этих больных наряду с клипированием аневризмы выполняли широкую декомпрессию.

Таблица 1 / Table 1

Распределение больных в зависимости от локализации аневризм / The distribution of patients according to aneurysm localization

Локализация аневризм	Число больных	
	абс.	%
ПСА	28	31,1
дПМА	4	4,4
ЗСА	16	17,7
ОА	9	10,2
СМА М1-сегмент	3	3,3
СМА бифуркация	30	33,3
Итого	90	100

Таблица 2 / Table 2

Распределение хирургических мини-доступов / The distribution of minimal surgical approaches

Keyhole-доступ	Число больных	
	абс.	%
Супраорбитальный	31	34,4
Мини-птериональный	40	44,4
Мини-орбитозигматический	15	16,6
Межполушарный	4	4,6
Итого	90	100

Общие принципы keyhole-хирургии аневризм

Правильная укладка пациента и необходимая ротация головы обеспечивают оптимальный обзор и угол атаки, а также снижают необходимость в избыточной тракции мозговой ткани. Пациента укладывают на операционном столе на спину с возвышением головы над уровнем сердца, запрокидыванием головы книзу и поворотом в противоположную сторону от 15° до 60° в зависимости от патологии. При аневризмах средней мозговой артерии голову ротируют не более чем на 10-15°. При аневризмах супраклиноидного отдела ВСА достаточно 20-30°. При аневризмах комплекса передней мозговой — передней соединительной артерии угол поворота головы в противоположную сторону составляет не менее 40-60°. При этом область скулового отростка является высшей точкой головы. Такая позиция обеспечивает гравитационное отведение лобной доли от передней черепной ямки, облегчая в последующем субфронтальный доступ. При выборе СОД или МОЗД мы выполняли разрез непосредственно по брови. При этом бровь не сбривают. После обработки области брови антисептическими растворами осуществляют разрез кожи, начиная от уровня зрачковой линии и продолжают латерально в пределах брови, иногда на несколько миллиметров латерально. Несмотря на свои малые размеры СОД обеспечивает адекватный обзор параселлярного пространства, ПЧЯ и СЧЯ, комплекса ПМА-ПСА и хиазмы.

МОЗД позволяет визуализировать аналогичные структуры, однако за счет включения в единый костный лоскут верхней стенки орбиты значительно облегчается доступ к параселлярному пространству, еще более нивелируется необходимость в работе ретрактором, создается дополнительное пространство и достигается свобода при манипуляции микроинструментами. Увеличивается обзор ПЧЯ и СЧЯ, а также верхних отделов ската посредством увеличения вертикального обзора.

Мини-птериональный доступ представляет собой миниатюрный прообраз классической птериональной краниотомии. Однако атравматичность доступа несравнима с классической ПТК. Разрез мягких тканей практически в 2 раза меньше и центром его является проекция птериона. Соответственно уменьшается повреждение височной мышцы. Краниотомия сосредоточена непосредственно над силвиевой щелью. Поэтому МПК является методом выбора при аневризмах СМА.

Вне зависимости от выбранного доступа важным является достаточная экстрадуральная резекция бором костных выступов, как в пределах ПЧЯ, так и адекватная резекция латерального малого крыла клиновидной кости. В табл. 3 представлены сравнительные характеристики птериональной краниотомии с мини-инвазивными доступами.

Ключевым моментом для дальнейшей рабо-

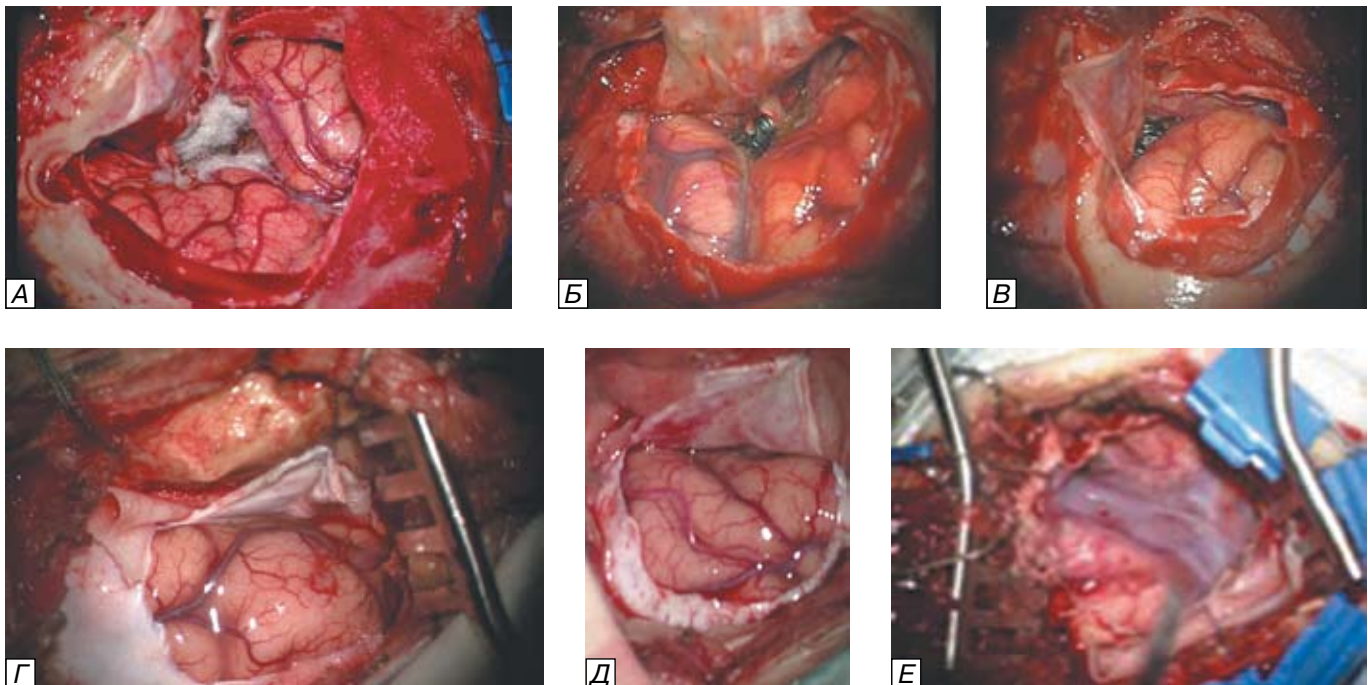


Рис. 1. Интраоперационный вид после различных вариантов краниотомий для доступа к аневризмам. а — трансквернозный претемпоральный доступ, б — классический птериональный доступ, в — латеральный супраорбитальный доступ, г — супраорбитальный доступ по брови, д — мини-орбитозигматический доступ по брови, е — мини-птериональный доступ
Fig. 1. Intraoperative appearance after various craniotomies for aneurysm approaching. а — transcavernous pretemporal approach, б — routine pterional approach, в — lateral supraorbital approach, г — supraorbital approach via eyebrow, д — minimal orbitozygomatic approach, е — minimal pterional approach

Сравнение хирургических доступов / The comparison of surgical approaches

	ПК	ЛОСД	СОД	МПК	МОЗД
Разрез кожи	От козелка по волосистой части головы до средней линии	По волосистой части головы 2 см выше скулового отростка до зрачковой линии	По брови	По волосистой части головы на границе роста волос 2 см от скулового отростка до верхней височной линии	По брови
Диссекция височной мышцы	Значительная	Умеренная	Минимальная	Умеренная	Минимальная
Локализация/размер краниотомии	Лобная кость, чешуя височной кости, птерион, латеральное крыло основной кости / 6-6 см	Чешуя лобной кости латеральное крыло основной кости / 4-3 см	Между супраорбитальной вырезкой и лобно-скуловым швом / 2,5-1,5	Птерион и чешуя височной кости / 3-2 см	Между супраорбитальной вырезкой и лобно-скуловым швом, включая верхнюю стенку орбиты / 3-3 см
Резекция латерального крыла основной кости	Выполняют всегда	Выполняют всегда	Выполняют опционально	Выполняют всегда	Выполняют опционально
Обнажение коры	Лобная и височная доли, Сильвиева щель	Лобная доля и Сильвиева щель	2 орбитальные извилины	Сильвиева щель	2 орбитальные извилины
Хирургические траектории	Множественные	Множественные	Субфронтальный	Транссильвиевый	Субфронтальный
Локализация аневризм	Передняя циркуляция, бифуркация основной артерии	Передняя циркуляция, бифуркация основной артерии	Передняя циркуляция	ВСА, СМА	Передняя циркуляция, бифуркация основной артерии

ты через keyhole-доступ является оптимальная релаксация мозга, что достигается посредством широкого вскрытия базальных цистерн и диссекции Сильвиевой щели. После верификации анатомических ориентиров и осуществления проксимального контроля осуществляют клипирование шейки аневризмы с использованием традиционной техники. В дальнейшем проводят инспекцию клипсы и исключение повреждения перфорантов, с использованием интраоперационной ангиографии с индоцианином зеленым, также в ряде случаев, в частности при аневризмах в устье задней соединительной артерии, проводится эндоскопическая ассистенция. В конце оперативного вмешательства твердую мозговую оболочку ушивают герметично. Костный лоскут фиксируют мини-пластинами. При необходимости в зоне пропила особенно после супраорбитального доступа возможно использование быстротвердеющих пластмасс, что может улучшить косметический эффект. Дренажирование, учитывая малые размеры краниотомии, не проводят. Тщательно ушивают мягкие ткани и кожу с использованием внутрикожного шва. В послеоперационном периоде всем больным проводят нативную компьютерную томографию и ангиографию.

Результаты

При выборе мини-инвазивного подхода учитывали множество факторов, в том числе тяжесть состояния пациента, размер и локализацию аневризм, наличие ангиоспазма, также как и ожидаемое течение заболевания. Поэтому большинство пациентов были с неразорвавшимися аневризмами (62 больных). У 5 пациентов с аневризмами без разрыва в области супраклиноидного отдела ВСА манифестацией заболевания стал парез глазодвигательного нерва. Среди 28 больных, оперированных на фоне САК, 24 пациентам в остром периоде выполнены отсроченные вмешательства. Одним из противопоказаний к СОД и МОЗД была тонкая или светлая бровь, что ухудшает косметический исход.

Все аневризмы были полностью выключены из мозгового кровотока, что подтверждено как интраоперационным вскрытием аневризм с последующим контролем с использованием ICG-ангиографии, так и выполнением контрольной 3D СКТ ангиографии в послеоперационном периоде (рис. 2). Серьезных осложнений или летальных случаев в группе больных не было.

Интраоперационный разрыв аневризмы был у 2 (2,2%) больных. Разрыв аневризмы возник во

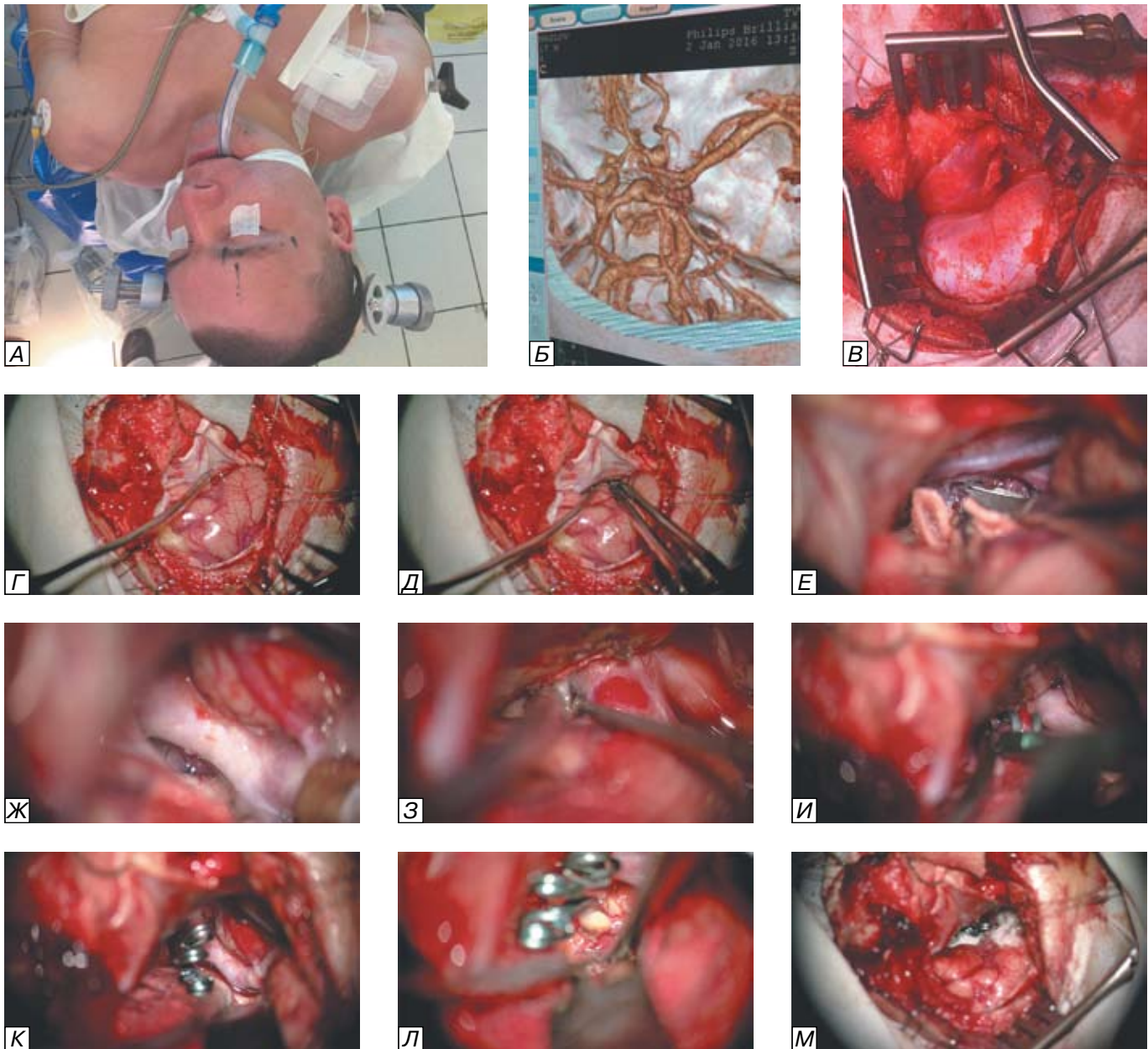


Рис. 2. А — интраоперационный вид, положение пациента на столе, жесткая фиксация головы, Б — СКТ-ангиография, мешотчатая аневризма офтальмического сегмента ВСА справа (стрелка), состояние после САК В — интраоперационный вид после мини-орбитозигматической краниотомии, Г — вид после вскрытия твердой мозговой оболочки, Д — субфронтальный доступ осуществляют без ретрактора, первично с целью вскрытия цистерны зрительного нерва и цистерны ВСА с целью релаксации мозга, Е — диссекция латеральной щели, Ж — диссекция супраклиноидного отдела ВСА с визуализацией начальных отделов А1- и М1-сегментов ПМА и СМА, З — этап выделения аневризмы (А), И, К — выполнено клипирование аневризмы, Л — оценка перфорирующих артерий после клипирования, М — интраоперационный вид перед ушиванием твердой мозговой оболочки.

Fig. 2. А — intraoperative image, patient's position on the operating table with rigid fixation of head, Б — CT-angiogram — saccular aneurysm (arrow) of ophthalmic segment of right internal carotid artery (ICA), condition after SAH. В — intraoperative image after minimal orbitozygomatic craniotomy, Г — intraoperative image after opening the dura mater, Д — subfrontal approach without retractor with primary aim of opening the optic nerve cistern and carotid cistern for brain relaxation, Е — dissection of Sylvian fissure, Ж — dissection of supraclinoid ICA with visualization of proximal parts of A1 segment of ACA and M1 segment of MCA, З — dissection of aneurysm (А), И, К — clipping of aneurysm, Л — assessment of perforating arteries after aneurysm clipping, М — intraoperative image before suturing the dura mater.

во время диссекции аневризмы и не был связан с ретракцией мозга. Во всех случаях аневризмы были успешно клипированы без неврологических последствий.

Послеоперационные осложнения оценивались в сроки 2 нед и 6 мес (рис. 3). После МПК у всех больных диагностирована транзиторная гипестезия в височной области, что было ожида-



Рис. 3. А, Б — вид пациентки в послеоперационном периоде после МПК отмечается незначительное западение кожи в области ключевой точки, В — пациент с аневризмой ВСА в области устья ЗСА, до операции, Г — тот же пациент через 4 мес после МОЗД и клипирования аневризмы (отмечается полный регресс недостаточности глазодвигательного нерва). (Фотографии публикуются с письменного согласия больных).

Fig. 3. А, Б — appearance of female patient in postoperative period after minimal pterional craniotomy — the imperceptible sunken skin in the area of key burr hole is observed, В — preoperative appearance of male patient with ICA aneurysm located in the region of PCoA orifice, Г — the same patient in 4 months after minimal orbitozygomatic approach and aneurysm clipping (the full regress of oculomotor nerve insufficiency is seen). (The photos are published with the written consent of the patients).

емо и поэтому не было расценено как осложнение. Область гипестезии значительно меньше при сравнении с исходами после классической птериональной краниотомии. У 2 пациентов при катamnестической оценке в сроки до 10 мес отмечена минимальная дисфункция в области височно-нижнечелюстного сустава и симптомы незначительной атрофии височной мышцы в области краниотомии.

После СОД и МОЗД периорбитальная отечность отмечена у всех пациентов и не расценивалась как осложнение, поскольку полностью регрессировала в сроки 3-5 дней после вмешательства. Гипестезия в лобной области отмечена у 15 пациентов. Причем к сроку в 6 мес отмечен полный регресс у всех пациентов. Атрофии височной мышцы и значительного западения в области предшествующей краниотомии, алопеции в области брови не отмечено.

У больных с недостаточностью глазодвигательного нерва в дооперационном периоде практически полный регресс отмечен в сроки от 1 мес до полугода после операции. Серьезных доступ-ассоциированных осложнений, как-то: инфекции, гематомы, ликвореи не отмечено.

Послеоперационный косметический результат оценен пациентами как отличный.

Обсуждение

Преимущества минимально-инвазивной нейрохирургии ясны и довольно актуальны особенно в свете бурного развития эндоваскулярной хирургии. Поэтому следующий вопрос, который правомерно возникает — кому именно показаны минимально-инвазивные доступы? На наш

взгляд, во-первых, это все пациенты с неразорвавшимися аневризмами передних отделов АКБМ, за исключением сложных и гигантских аневризм. Во-вторых, пациенты с САК, находящиеся в компенсированном состоянии. Это пациенты I-II, редко III группы по шкале Н/Н, то есть больные без симптомов внутричерепной гипертензии и массивного отека мозга. Больные с САК 1-2 по Fisher. Наличие массивных кровоизлияний, паренхиматозных и внутрижелудочковых гематом является противопоказанием к любому рода мини-инвазивным вмешательствам и требует традиционного подхода с адекватной декомпрессией и контролем внутричерепного давления. Такой подход поддерживают большинство авторов [6, 15-17, 21, 23].

Наиболее опасная ситуация, которая может возникать в процессе минимально инвазивной хирургии, — это интраоперационный разрыв аневризмы. Для предотвращения или снижения риска этой катастрофы необходим правильный подбор пациентов, исключения тяжелых и декомпенсированных больных. Классическая микрохирургическая техника также позволяет минимизировать риск интраоперационного разрыва, а именно: ранняя релаксация мозга, минимизация ретракции, диссекция арахноидальной оболочки и спаек острым путем, адекватное выделение пришеечных отделов аневризмы, исключение тракции купола аневризмы, особенно при ранних операциях, ранний проксимальный и дистальных контроль артерии. При необходимости использование коротких периодов временного клипирования (до 3 мин). Тактика действий нейрохирурга в условиях мини-доступа при состоявшемся интраоперационном разрыве аневризмы ничем не отличается от таковой при классических доступах. Если нейрохирург не пренебрег всем выше-

описанным, то нивелировать ситуацию можно достаточно успешно и быстро.

Минимализм в нейрохирургии уже зарекомендовал себя как стандартное и успешное направление. Фундаментальные принципы минимально инвазивной нейрохирургии и концепции «keyhole» гласят о возможности минимизации ассоциированной хирургической травмы у определенной категории больных. Следствием этого является быстрое восстановление пациентов, уменьшение койко-дня и, соответственно, затрат на лечение [1, 4, 7, 11–18, 20–23].

Необходимым подспорьем в keyhole-хирургии аневризм является использование дополнительных методов визуализации: флуоресцентной интраоперационной ангиографии с индоцианином зеленым и видеоэндоскопической ассистенции [6–10, 15, 20, 21].

Нейроэндоскопическая ассистенция играет важную роль при keyhole-доступах, поскольку способствует улучшению визуализации и освещения в условиях маленькой и глубокой операционной раны, а также позволяет оценить правильность положения клипсы на шейке аневризма и исключить попадание перфорантов между браншами клипсы [1–8, 10–21].

Оценка наших результатов подтверждает высокую эффективность и безопасность минимально-инвазивных вмешательств при правильном подборе больных, что также сравнимо с результатами других авторов.

Заключение

Очевидно, что keyhole-концепция — это быстро развивающееся направление. В современных условиях при наличии эндоскопической ассистенции, микроскоп-ассоциированных опций, нейрофизиологии и возможностей современной нейроанестезиологии прогресс минимально-инвазивных вмешательств, позволяет при правильном подборе пациентов значительно снижать травматизацию хирургических доступов, ассоциированные осложнения и негативные косметические эффекты. Быстрое восстановление пациентов и сокращение сроков стационарного лечения с возможностью скорейшей социальной и трудовой адаптации после сложных нейрохирургических вмешательств и являются приоритетной необходимостью в наши дни.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Джинджихадзе Реваз Семенович — канд. мед. наук, доцент кафедры нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава РФ, e-mail: brainsurg77@gmail.com

Древаль Олег Николаевич — д.м.н., зав. кафедрой нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава РФ, профессор,

Лазарев Валерий Александрович — д.м.н., профессор кафедры нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава РФ, д.м.н.,

Давудов Абубакар Магомедович — аспирант кафедры нейрохирургии ГБОУ ДПО РМАПО,

Камбиев Ренат Леонидович — заведующий отделением сосудистой нейрохирургии ГБУЗ ГКБ им. Ф.И. Иноземцева,

Богданович Игорь Олегович — врач-нейрохирург отделения сосудистой нейрохирургии ГКБ им. Ф.И. Иноземцева

ЛИТЕРАТУРА

1. Alekseev A.G. Chrezbrovnaja (transciliarnaja) supraorbital'naja kraniotomija po tipu «keyhole» v hirurgii opuholej przednej cherepnoj jamki i anevrizm i anevrizm przednej cirkuljacii Villizieva kruga: pervyj opyt nejrohirurgicheskogo otdelenija / A.G. Alekseev, A.A. Pichugin, N.G. Shajahmetov i soavt. // Rossijskij nejrohirurgicheskij zhurnal im. A.L. Polenova. — 2014. — №2. — С. 15–21 (inRus.) (Алексеев А.Г., Пичугин А.А., Шаяхметов Н.Г., Пашаев Б.Ю., Данилов В.И. Чрезбровная (трансцилиарная) супраорбитальная краниотомия по типу «keyhole» в хирургии опухолей черепной ямки и аневризм и аневризм передней циркуляции Виллизиева круга: первый опыт нейрохирургического отделения // Российский нейрохирургический журнал им. А.Л. Поленова. 2014; Том IV, №2: С. 15–21)
2. Krylov V.V. Primenenie videojendoskopii v mikrohirurgii anevrizm golovnogogo mozga / V.V. Krylov, I.M. Godkov // Jendoskopicheskaja hirurgija. — 2014. — № 5. — С. 31–36. (inRus.) (Крылов В.В., Годков И.М. Применение видеоэндоскопии в микрохирургии аневризм головного мозга // Нейрохирургия. 2014; 5: С.31–36)
3. Krylov V.V. Hirurgija anevrizm golovnogogo mozga. / Krylov V.V. // М.: ИП Т.А. Алексеева. — 2012. — Том III. — С. 431. (inRus.) (Хирургия аневризм головного мозга. Под ред. В.В. Крылова. Том III. М.: ИП Т.А. Алексеева 2012; 431).
4. Sakovich V.P., Kolotvinov V.S., Lebedeva E.R. Novye aspekty jetiologii i otkrytoj hirurgii intrakranial'nyh anevrizm // UGMA. — 2007; С. 220. (inRus.) (Сакович В.П., Колотвинов В.С., Лебедева Е.Р. Новые аспекты этиологии и открытой хирургии интракраниальных аневризм // УГМА, 2007 — 220 с.)
5. Jeliava Sh.Sh. Intraoperacionnaja fluorescencnaja angiografija s indocianinom v hirurgii anevrizm golovnogogo mozga. Pervyj opyt primeneniya i obzor literatury / Sh.Sh. Jeliava, O.D. Shehtman, Ju.V. Pilipenko, D.N. Okishev, A.S. Hejreddin, Kisar'ev S.A., A.N. Kaftanov // Voprosynejrohirurgiiim. N.N. Burdenko. — 2015. — №1. — С. 33–41. (inRus.) (Элиава Ш.Ш., Шехтман О.Д., Пилипенко Ю.В., Окишев Д.Н., Хейреддин А.С., Кисарьев С.А., Кафтанов А.Н. Интраоперационная флуоресцентная ангиография с индоцианином в хирургии аневризм головного мозга. Первый опыт применения и обзор литературы // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2015; 1: С. 33–41).
6. Chen L., Tian X., Zhang J. et al. Is eyebrow approach suitable for ruptured anterior circulation aneurysms on early stage: a prospective study at a single institute // Acta Neurochir. 2009; 151: P. 781–784.
7. Fries G., Perneczky A. Endoscope-assisted brain surgery: part 2 — analysis of 380 procedures // Neurosurgery. 1998; 42: P. 226–31.
8. Fukushima T., Miyazaki S., Takusagawa Y. Unilateral interhemispheric keyhole approach for anterior cerebral artery aneurysms // Acta Neurochir. 1991; 53: P. 42–7.
9. Hernesniemi J., Ishii K., Niemelä M., et al. Lateral supraorbital approach as an alternative to the classical pterional approach // Acta Neurochir Suppl. 2005;94: P. 17–21.
10. Lan Q., Gong Z., Kang D. et al. Microsurgical experience with keyhole operations on intracranial aneurysms // Surg Neurol. 2006; 66: P. S1:2–S1:9
11. Paladino J., Mrak G., Miklic P., Jednacak H., Mihaljevic D. The keyhole concept in aneurysm surgery—a comparative study: keyhole versus standard craniotomy // Minim InvasNeurosurg. 2005; 48: P. 251–258
12. Park H.S., Park S.K., Han Y.M. Microsurgical experience with supraorbital keyhole operations on anterior circulation

- aneurysms // J Korean Neurosurg Soc. 2009; 46: P: 103-108.
13. Perneczky A. Planning strategies for the suprasellar region: Philosophy of approaches // Neurosurgery. 1992; 11: P: 343—348.
14. Perneczky A., Reisch R. Keyhole approaches in neurosurgery. Vol.1 Concept and Surgical Technique. — 2008. — 301 p.
15. Reisch R., Perneczky A.: Ten-year experience with the supraorbital subfrontal approach through an eyebrow skin incision // Neurosurgery 2005; 57: P: 242—255.
16. Reisch R., Perneczky A., Filippi R.: Surgical technique of the supraorbital keyhole craniotomy // Surg Neurol. 2003; 59: P: 223—227.
17. Reisch R., Stadie A., Kockro R., Hopf N. Keyhole concept in neurosurgery // World neurosurgery. 2013; 79: P: s17.e9-s17.e13.
18. Reisch R., Marcus H., Hugelshofer M. Patient's cosmetic satisfaction, pain, and functional outcomes after supraorbital craniotomy through an eyebrow incision // J Neurosurgery. 1971; 34: P: 102—106.
19. Teo C., Sughrue M. Principles and practice of keyhole brain surgery // Georg Thieme Verlag. 2015: 272p.
20. Van Lindert E., Perneczky A., Fries G., Pierangeli E. The supraorbital keyhole approach to supratentorial aneurysms: concept and technique // Surg Neurol. 1998; 49: P: 481—490.
21. Wang H., Luo L., Ye Z., et al. Clipping of anterior communicating artery aneurysms in the early post-rupture stage via transorbital keyhole approach — Chinese neurosurgical experience // British Journal of Neurosurgery. 2015; 29: P: 644—649.
22. Wilson D. Limited exposure in cerebral surgery // J Neurosurgery. 1971; 34: P: 102—106.
23. Wong J.H.Y., Tymanski R., Radovanovic I., et al. Minimally invasive microsurgery for cerebral aneurysms // Stroke. 2015; 46: P: 2699-2706.
24. Yasargil M.G., Fox J.L., Ray M.W. The operative approach to aneurysms of the anterior communicating artery, in Krayenbühl H (ed.): Advances and Technical Standards in Neurosurgery. Vienna, Springer Verlag. 1975; 2: P: 113—170.