

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБХОДНОГО ВЫСОКОПОТОЧНОГО ШУНТИРОВАНИЯ В ХИРУРГИИ СЛОЖНЫХ АНЕВРИЗМ БАССЕЙНОВ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ И СРЕДНЕЙ МОЗГОВОЙ АРТЕРИЙ

А.В. Дубовой, К.С. Овсянников, В.Э. Гужин, Г.И. Мойсак

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии», Новосибирск

Цель работы: улучшить результаты лечения сложных аневризм бассейнов внутренней сонной (ВСА) и средней мозговой артерий (СМА).

Материал и методы: в исследуемую группу включены 18 пациентов, оперированных по поводу сложных аневризм ВСА и СМА с использованием высокопоточного обходного артериального шунта в ФГБУ «Федеральный Центр нейрохирургии» города Новосибирска в течение 2013–2014 гг. Аневризм ВСА было 13, аневризм СМА было 5.

Результаты: во всех наблюдениях аневризмы были выключены из кровотока; в 17 из 18 случаев созданный обходной артериальный шунт функционировал хорошо; тромбоз шунта в раннем послеоперационном периоде отмечен в 1 наблюдении; ишемических изменений, связанных с пережатием СМА, не было.

Заключение: применение обходного высокопоточного артериального шунтирования позволяет успешно выключать из кровотока сложные аневризмы бассейнов ВСА и СМА, а при применении дистального или проксимального выключения из кровотока несущей аневризму артерии, и сохранять кровоток в функционально значимых ветвях, отходящих от аневризмы.

Ключевые слова: экстра-интракраниальный анастомоз, высокопоточный обходной артериальный шунт, сложные церебральные аневризмы, гигантские церебральные аневризмы, реваскуляризация головного мозга.

Objective: to improve the treatment outcomes in patients with complex aneurysms of internal carotid artery (ICA) and middle cerebral artery (MCA).

Material and methods: 18 patients suffered from ICA (n=13) and MCA (n=5) complex aneurysms were operated on with the usage of high-flow extracranial-to-intracranial (EC-IC) high-flow bypass in our Federal Center of Neurosurgery in Novosibirsk during 2013–2014 years.

Results: all aneurysms were totally occluded while patency of EC-IC high-flow bypass was confirmed in 17 patients, 1 bypass thrombosed in postoperative period/ No ischemic stroke because of MCA temporary occlusion during anastomosis performance was seen.

Conclusion: the usage of high-flow EC-IC bypass allows performing the successfully occlusion of ICA and MCA aneurysms with prevention of blood flow in their blood supplies territories.

Key words: extracranial-to-intracranial (EC-IC) high-flow bypass, complex cerebral aneurysm, giant aneurysm, cerebral revascularization.

Несмотря на достижения современной сосудистой нейрохирургии, проблема улучшения результатов лечения гигантских и сложных церебральных аневризм до сих пор остается актуальной [1–4]. Целью лечения таких аневризм является предотвращение их разрыва, уменьшение создаваемого гигантской аневризмой масс-эффекта и предотвращение ишемии, связанной с тромбозом из мешка аневризмы. К сложным аневризмам относят: аневризмы с широкой шейкой, аневризмы с исходящими из купола функционально значимыми ветвями, спаянные с твердой мозговой оболочкой (ТМО) (чаще всего с ТМО основания черепа), аневризмы с атеросклеротически измененной или кальцинированной стенкой и/или шейкой, аневризмы сложных локализаций, многокамерные, частично тромбированные и гигантские аневризмы, размеры которых по общепринятой классификации превышают в максимальном поперечнике 25 мм [3, 4, 9, 10].

Некоторые из таких аневризм до появления методик реваскуляризации считали неоперабельными.

В настоящее время в арсенале нейрохирурга существуют различные методы лечения: микрохирургические — клипирование шейки аневризмы, треппинг аневризмы, проксимальное лигирование несущей аневризму артерии; эндоваскулярные — стентирование несущей артерии поток-перенаправляющими стентами, эболизация полости аневризмы отделяемыми микроспиральями. Однако результаты этих операций не всегда являются удовлетворительными. Например, при микрохирургических методах в некоторых случаях невозможно выполнить клипирование шейки аневризмы, а при эндоваскулярных методах сохраняется риск реканализации шейки и тела аневризмы в отдаленном послеоперационном периоде, а также возможно развитие ишемических и геморрагических осложнений [6].

Для улучшения результатов микрохирургического лечения сложных церебральных аневризм нейрохирурги используют различные вспомогательные методы, чаще всего применяют методы реваскуляризации пораженного аневризматической болезнью сосудистого бассейна — создают обходные артериальные шунты: интра-интракраниальные, экстра-интракраниальные как высокого, так и низкого потока [5, 7, 8, 12–15].

Цель работы

Целью данной работы является улучшение результатов лечения больных со сложными аневризмами в бассейнах сонных и средних мозговых артерий с применением методик обходного артериального шунтирования.

Материалы и методы

В течение 2013–2014 гг. в ФЦН г. Новосибирска оперирован 451 больной с аневризмами внутричерепных артерий, 254 из них — микрохирургическим методом. У 76 пациентов аневризмы были расценены как сложные, соответствующие вышеперечисленным критериям. Метод обходного высокопоточного шунтирования был применен у 18 больных со сложными аневризмами, расположенными в бассейнах внутренней сонной (ВСА) и средней мозговой артерий (СМА) (табл. 1). Мужчин было 6, женщин — 12. Возраст составил от 14 до 56 лет, средний возраст — 39,8 года. Четверо из оперированных больных находились в отдаленном периоде кровоизлияния, у остальных кровоизлияний в анамнезе не было. У 10 из 18 пациентов отмечался псевдотуморозный тип течения заболевания. Размеры аневризм в максимальном поперечнике варьировали от 15 до 66 мм.

Таблица 1 / Table 1

Распределение аневризм по локализации / Localization of aneurysms

Локализация аневризмы	Количество больных
Кавернозный сегмент ВСА	5
Офтальмический сегмент ВСА	1
Кавернозный и офтальмический сегменты ВСА	4
Кавернозный, офтальмический и хориоидальный сегменты ВСА	1
Офтальмический и хориоидальный сегменты ВСА	1
Хориоидальный сегмент ВСА	1
М1-сегмент СМА	3
М2-сегмент СМА	2
Всего	18

Примечание. Здесь и в табл. 2: ВСА — внутренняя сонная артерия, СМА — средняя мозговая артерия.

Как видно из табл. 1, у 13 пациентов выявлены аневризмы в бассейне ВСА, у 5 — в бассейне СМА. Множественные аневризмы встретились в 4 наблюдениях: в 1 наблюдении в бассейне ВСА было 3 аневризмы, в 2 — 2 аневризмы, в остальных — в каждом сосудистом бассейне было по одной аневризме. Двусторонние аневризмы ВСА выявлены у 1 пациентки.

МСКТ-перфузионное исследование головного мозга до и после операции проведено у 15 из 18 больных.

Все операции проводили в условиях умеренной общей гипотермии, где температура ядра тела пациента составляла от 33,0 до 34,5 °С. В качестве метода охлаждения использовали внутривенное введение охлажденных до 30 °С физиологического раствора и раствора Рингера.

У 17 больных в качестве графта для создания обходного шунта использовали собственную лучевую артерию пациента (в связи с наличием мышечного слоя и лучшей приспособленности к артериальному кровотоку), у 1 — большую подкожную вену с голени. В 17 наблюдениях проксимальный конец шунта анастомозировал с наружной сонной артерией (НСА), в 1 — с общей сонной артерией (ОСА); дистальный конец шунта анастомозировал в 14 наблюдениях с М2-сегментом СМА (чаще всего височный ствол), в 3 — с М3-сегментом, в 1 — с М1-сегментом.

Создание проксимального анастомоза проводили монофиламентным нейлоновым шовным материалом (толщина нити 6-0 или 7-0), создание дистального анастомоза — тем же типом нити (толщиной 9-0 или 10-0). В 9 наблюдениях дистальный анастомоз выполнен отдельными узловыми швами, в 9 — непрерывным швом. Проксимальный анастомоз всегда выполняли непрерывным швом (рис. 1).

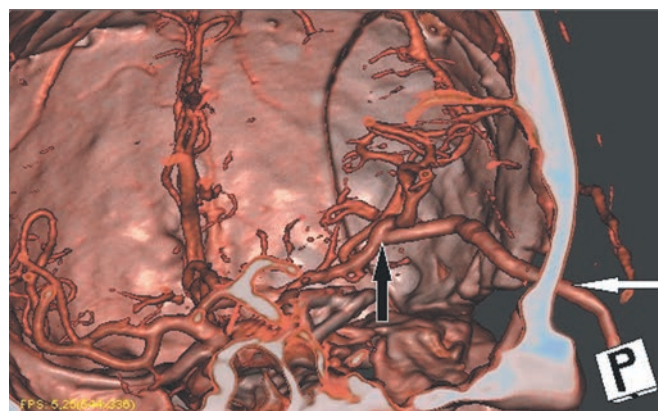


Рис. 1. 3D-КТ-ангиограмма. Внутричерепная часть высокопоточного шунта и дистальный анастомоз. Черной стрелкой указана зона дистального анастомоза между шунтом из лучевой артерии и М2-сегментом правой средней мозговой артерии; белой стрелкой указан шунт из лучевой артерии. Fig. 1. 3D-CT angiogram. Intracranial part of high-flow EC-IC bypass and distal anastomosis. Black arrow shows the distal anastomosis between radial artery and M2 segment of right MCA, white arrow — radial artery.

В 16 наблюдениях шунт проводили в подкожном преаурикулярном туннеле, в 2 — под скуловой дугой. Ни в одном наблюдении дополнительной защиты шунта при размещении в мягких тканях не использовали. По данным контрольных ангиографических исследований не отмечали компрессии шунта в мягких тканях на всем протяжении (рис. 2).

Средняя длина графта варьировала от 18,0 до 22,5 см и оказалась в среднем на 2,0 см меньше при проведении шунта под скуловой дугой (18,5 см) по сравнению с длиной графта при подкожном преаурикулярном туннелировании (20,5 см). При использовании лучевой артерии диаметр графта в проксимальном отрезке варьировал от 2,5 до 3,4 мм, в дистальном отрезке — от 2,1 до 3,1 мм (измерение по данным предоперационной УЗ-диагностики). Перед забором лучевой артерии всем больным проводили тест Аллена.

У 11 из 13 пациентов с аневризмами ВСА после создания обходного высокопоточного артериального шунта был произведен полный треппинг аневризмы: перевязка ВСА на шейном уровне сразу после бифуркации ОСА и клипирование несущей артерии дистальнее аневризмы. В 2 наблюдениях был выполнен только проксимальный треппинг.

У 1 больного с аневризмой М1-сегмента СМА после создания обходного высокопоточного арте-

риального шунта был произведен только проксимальный треппинг; еще у 1 пациента с аневризмой М1-сегмента СМА — только дистальный; и в 1 наблюдении — полный треппинг. У пациентов с аневризмами М2-сегмента был произведен полный треппинг.

В случае выраженного масс-эффекта производили рассечение стенки аневризмы и удаление тромботических масс либо тотальное удаление аневризмы (рис. 3).

В 2 наблюдениях выполнены процедура создания обходного высокопоточного артериального шунта и треппинг аневризмы ВСА при наличии полной окклюзии ВСА с противоположной стороны. В результате выполненной операции оба каротидных бассейна кровоснабжались через шунт лишь с одной стороны.

В послеоперационном периоде все пациенты получали перорально препараты ацетилсалициловой кислоты в дозе 75-100 мг в сутки.

Результаты

Результаты хирургического лечения оценивали в раннем послеоперационном периоде (на 1-е сутки после операции) и к моменту выписки из стационара (на 5-18-е сутки после операции).

Дисфункция шунта в виде его тромбоза, наступившая в 1-е сутки после операции, отмечена в 1 наблюдении. Причиной тромбоза, вероятнее всего, стало несоответствие диаметров дистального конца шунта и реципиентной артерии.

Еще в 1 наблюдении тромбоз шунта возник интраоперационно на фоне нарушений в системе гемостаза. На фоне внутривенного введения гепарина и механической реканализации шунта его проходимость удалось восстановить. Однако длительный период редукции мозгового кровотока в бассейне височного ствола СМА привел к формированию зоны ишемии с вторичной геморрагической трансформацией на фоне терапии низкомолекулярными гепаринами в послеоперационном периоде.

У 2 больных отмечена дисфункция глазодвигательного нерва, вероятно, связанная с его повреждением в просвете кавернозного синуса при удалении тромбов из гигантских частично тромбированных аневризм кавернозной части ВСА.

В 1 наблюдении через 15 ч после полного треппинга аневризмы кавернозно-офтальмического сегмента ВСА возник амавроз, предположительно связанный с недостаточностью коллатерального кровотока в глазной артерии. Снятие дистального клипса с ВСА, по данным МСКТ-ангиографии, привело к возобновлению антеградного кровотока по глазной артерии, однако лишь к частичному восстановлению зрительных функций (до счёта пальцев руки на расстоянии 1 м от лица).

В обоих наблюдениях одностороннего высокопоточного шунтирования в сочетании с исходно имеющейся окклюзией ВСА на противоположной стороне, по результатам выполненной в после-

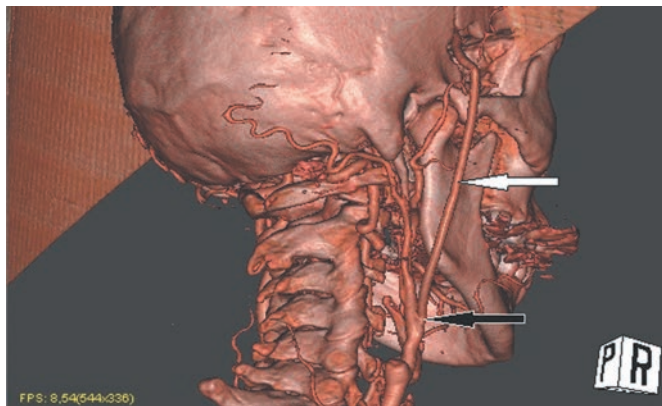


Рис. 2. 3D-КТ-ангиограмма. Внечерепная часть высокопоточного шунта и проксимальный анастомоз. Черной стрелкой указана зона проксимального анастомоза между шунтом из лучевой артерии и правой наружной сонной артерией; белой стрелкой указан шунт из лучевой артерии.
Fig. 2. 3D-CT angiogram. Extracranial part of high-flow EC-IC bypass and proximal anastomosis. Black arrow shows the proximal anastomosis between radial artery and right external carotid artery, white arrow — radial artery.



Рис. 3. Удаленная аневризма М2-сегмента средней мозговой артерии.
Fig. 3. The resected aneurysm of M2 segment of MCA.

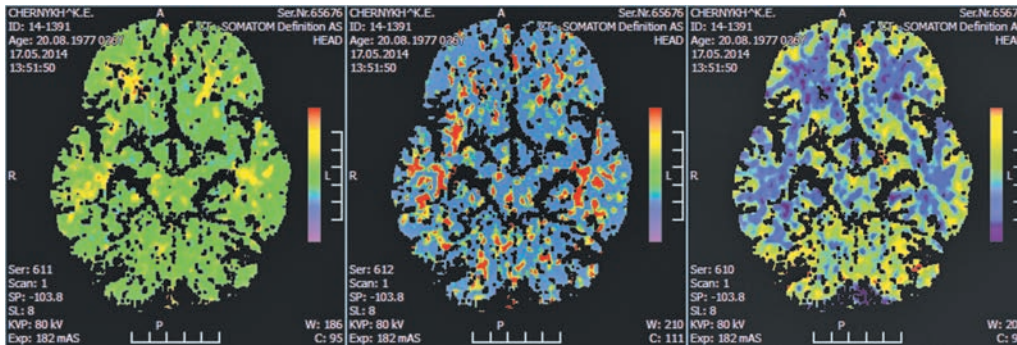


Рис. 4. МСКТ-перфузия головного мозга после операции обходного шунтирования. В симметричных областях обоих полушарий головного мозга не обнаружено значимой разницы в перфузионных показателях. Fig. 4. Brain CT-perfusion after operation (high-flow EC-IC bypass) revealed no significant difference between both cerebral hemispheres.

операционном периоде МСКТ-перфузии головного мозга, не было выявлено каких-либо значимых нарушений перфузии обоих полушарий, что говорит не только об удовлетворительном развитии передней и задних соединительных артерий, но и о хорошей функциональной нагрузке на шунт (рис. 4).

Аневризмы ВСА и СМА во всех случаях полного треппинга подвергались тромбированию в раннем послеоперационном периоде (в течение первых часов), что подтверждено данными МСКТ головного мозга и МСКТ-ангиографии церебральных артерий. В случаях неполного треппинга аневризмы тромбировались в течение первых

нескольких суток с сохранением внутри сформированного тромба каналов с током крови по направлению ветвей, выходящих из тела аневризмы. Например, при аневризме офтальмического сегмента ВСА формировался канал к офтальмической артерии, а в случае аневризм М1-сегмента СМА образовывались каналы к перфорирующим артериям (рис. 5).

Полный треппинг аневризмы М1-сегмента не привел в послеоперационном периоде к возникновению какой-либо очаговой неврологической симптоматики, связанной с выключением из кровотока перфорирующих артерий от М1-сегмента. Однако у пациента, которому был выполнен дистальный треппинг аневризмы М1-сегмента, отмечено нарастание неврологического дефицита. При контрольной ангиографии выявлено выключение из кровотока части перфорирующих артерий М1-сегмента.

Дооперационный и послеоперационный общемозговой и очаговый неврологический статус оперированных больных приведен в табл. 2.

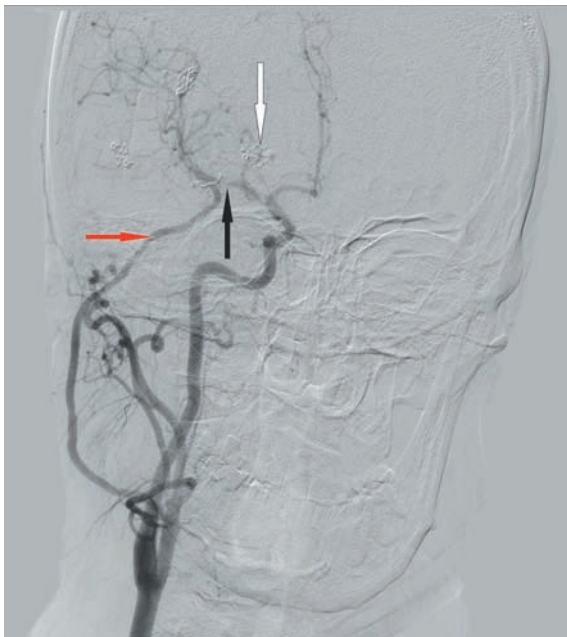


Рис. 5. Селективная церебральная ангиограмма в передне-задней косой проекции после операции обходного шунтирования. Белой стрелкой указаны перфорирующие артерии от М1-сегмента правой средней мозговой артерии; черной стрелкой указана полость выключенной из кровотока аневризмы (не контрастируется); красной стрелкой указан обходной высокопоточный артериальный шунт.

Fig. 5. Postoperative digital subtraction angiography (anterior-posterior oblique projection): white arrow indicates perforating arteries of M1 segment of right MCA, black arrow — bed of resected aneurysm (no contrast filling); red arrow — high-flow EC-IC bypass.

Обсуждение

Прибегать к методу создания высокопоточного обходного артериального шунтирования приходилось при фузиформных аневризмах, а также при невозможности прямого клипирования шейки аневризмы в случае мешотчатых аневризм (ее атеросклеротические изменения или кальциноз, труднодоступная локализация аневризмы, протяженная шейка аневризмы).

До появления методик обходного артериального шунтирования в части случаев при лечении гигантских аневризм интракраниальной части ВСА применяли метод Хантеровского лигирования (Hunterian ligation), который заключался в перевязке ВСА на шейном уровне. Иногда лигирование не приводило к развитию ишемических изменений в кровоснабжаемой гемисфере. Однако у значительной части больных развивался стойкий неврологический дефицит, обусловленный острой ишемией в бассейне лигированной артерии. Даже в случае отсутствия послеоперационного неврологического дефицита у 10% больных отмечено формирование аневризм *de novo* в смежных сосудистых бассейнах. Появление методик реваскуляризации пораженного сосудистого бассейна

Динамика неврологического статуса больных / Dynamics of neurological status in operated patients

№	Локализация аневризмы	До операции	После операции
1	Кавернозный сегмент ВСА	Цефалгия	Регресс цефалгии
2	Кавернозный сегмент ВСА	Без симптомов	Без симптомов
3	Кавернозный сегмент ВСА	Цефалгия	Регресс цефалгии; дисфункция III ЧМН
4	Кавернозный сегмент ВСА	Цефалгия	Регресс цефалгии; дисфункция III ЧМН
5	Кавернозный сегмент ВСА	Цефалгия	Цефалгия
6	Офтальмический сегмент ВСА	Левосторонняя гемианопсия; снижение остроты зрения OS до 0,1	Уменьшение степени левосторонней гемианопсии; улучшение остроты зрения OS до 0,2
7	Кавернозный и офтальмический сегменты ВСА	Цефалгия	Тромбоз шунта с его реканализацией; геморрагическая трансформация левой височной доли; после удаления внутримозговой гематомы — полный регресс симптомов
8	Кавернозный и офтальмический сегменты ВСА	Цефалгия; снижение остроты зрения OS до 0,1	Регресс цефалгии; развитие амавроза OS; регресс амавроза до 0,1 к выписке
9	Кавернозный и офтальмический сегменты ВСА	Снижение остроты зрения OS до 0,4	Улучшение остроты зрения OS до 0,8
10	Кавернозный и офтальмический сегменты ВСА	Снижение зрения OD до 0,5; парез III ЧМН справа; тригеминальные боли справа	Регресс тригеминальных болей по всем 3 ветвям
11	Кавернозный, офтальмический и хориоидальный сегменты ВСА	Цефалгия, без очагового неврологического дефицита	Регресс цефалгии
12	Офтальмический и хориоидальный сегменты ВСА	Цефалгия и снижение зрения до 0,8	Регресс цефалгии
13	Хориоидальный сегмент ВСА	Цефалгия, гемипарез 4 балла	Тромбоз шунта; гемипарез 2 балла
14	M1-сегмент СМА	Цефалгия, без очагового неврологического дефицита	Регресс цефалгии; появление левостороннего гемипареза до 3 баллов
15	M1-сегмент СМА	Цефалгия, без очагового неврологического дефицита	Регресс цефалгии
16	M1-сегмент СМА	Без симптомов	Без симптомов
17	M2-сегмент СМА	Цефалгия; височная эпилепсия	Регресс цефалгии; регресс эпилепсии
18	M2-сегмент СМА	Левосторонний гемипарез 4 балла	Левосторонний гемипарез 4 балла

Средняя длительность операций составила 7 ч и колебалась от 5,5 до 10,5 ч.

позволило значительно снизить частоту развития неврологического дефицита [11].

Цель операций обходного артериального шунтирования состоит в том, чтобы создать артериальный шунт в обход пораженной аневризмой артерии. Наиболее часто в клинической практике в качестве шунта используют лучевую артерию или большую подкожную вену пациента [5]. Проксимальный анастомоз чаще создают на шейном уровне с НСА, реже — с ОСА. Дистальный анастомоз наиболее безопасно создавать с М2-сегментом СМА, так как он, в отличие от М1-сегмента, не имеет такого большого количества функционально значимых перфорирующих артерий. В литературе описано создание дистального анастомоза с супраклиноидной частью ВСА, Р1- и Р2-сегментами задней мозговой артерии, М3-сегментом СМА, А2-сегментом передней мозговой артерии, V4-сегментом позвоночной артерии [12, 13]. Шунт проводят в подкожном преаурикулярном тоннеле или под скуловой дугой.

После запуска кровотока по обходному анастомозу можно приступать к полному или частичному треппингу аневризмы.

В некоторых работах есть указания на невысокую эффективность баллон-окклюзионного теста для оценки коллатерального кровообращения и высокий риск развития ишемических осложнений его проведения; в этих работах предлагают создавать обходные высокопоточные анастомозы, несмотря на степень развития коллатералей [16]. У нашей группы больных оценка степени развития коллатерального кровотока не являлась критерием для выбора метода хирургического лечения.

Эндоваскулярные методы лечения у данной группы больных не применяли, так как в каждом отдельном клиническом наблюдении риск развития ишемических осложнений эндоваскулярного лечения был расценен как более высокий, чем в случае выполнения микрохирургического лечения.

Заключение

Применение обходного высокопоточного артериального шунтирования позволяет расширить спектр хирургической активности в отношении сложных аневризм. Результаты проведенных операций на сложных аневризмах с использованием метода обходного высокопоточного артериального шунтирования позволяют предложить этот метод для лечения сложных и гигантских аневризм бассейнов внутренней сонной и средней мозговой артерий. Условия проведения таких операций не отличаются от условий операций, используемых для микрохирургического лечения других видов и локализаций аневризм.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дубовой Андрей Владимирович — зав. нейрососудистым отделением, врач-нейрохирург высшей категории, e-mail: a_dubovoy@neuronsk.ru

Овсянников Константин Сергеевич — врач-нейрохирург нейрососудистого отделения, e-mail: k_ovsyannikov@neuronsk.ru

Гужин Владимир Эдуардович — канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург нейрососудистого отделения, e-mail: v_guzhin@neuronsk.ru

Мойсак Галина Ивановна — канд. мед. наук, врач-невролог ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии», e-mail: g_moisak@neuronsk.ru

ФГБУ «Федеральный Центр Нейрохирургии» г. Новосибирск Министерства здравоохранения РФ. 630087 г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко д.132/1

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов В.В., Ткачев В.В., Добровольский Г.Ф. — Контралатеральная хирургия аневризм головного мозга. — М.: Медицина, 2002. — 192 с.
2. Крылов В.В., Ткачев В.В., Добровольский Г.Ф. — Микрохирургия аневризм виллизиевого многоугольника. — М.: Антидор, 2004. — 160 с.
3. Микрохирургия аневризм головного мозга. — М., 2011. Под ред. В. В. Крылова. — 536 с.
4. Хирургия аневризм головного мозга. Под ред. В.В. Крылова. В 3 т. М., 2011, т. 2 (516 с.), стр. 162-264, 396-431, 482-504, т. 3 (432 с.), стр. 132-171.
5. Крылов В.В. Новые технологии в хирургии нетравматических внутричерепных кровоизлияний. — Вестник РАМН 2012;9:19-26.
6. Nanda A., Sonig A., Banerjee A.D., Javalkar V.K. Microsurgical management of giant intracranial aneurysms: a single surgeon experience from Louisiana state university, Shreveport. — Word Neurosurgery 81 [5/6]: 752-764, May/June 2014.
7. Nossek E., Constantino P.D., Eisenberg M., Dehdashti A.R., Setton A., Chalif D.J., Ortiz R.A., Langer D.J. Internal maxillary artery — middle cerebral artery bypass: infratemporal approach for subcranial-intracranial (SC-IC) bypass. — Neurosurgery 2014; 75:1.
8. Nussbaum E.S., Mocco J. Cerebral revascularization: microsurgical and endovascular techniques. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2011. — 257 p.
9. Nussbaum E.S. Video Atlas of Intracranial Aneurysm Surgery. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2012. — 135 p.
10. Tew J.M.Jr., van Loveren H.R. Atlas of operative micro-neurosurgery: aneurysms and arteriovenous malformations. — Saunders Company, 1994. — 313 p.
11. Kalani M.Y.S., Ramey W., Albuquerque F.C., McDougall C.G., Nakaji P., Zabramski J.M., Spetzler R.F. Revascularization and Aneurysm Surgery: Techniques, Indications, and Outcomes in the Endovascular Era. — Neurosurgery 2014; 74: 5; 482-498.
12. Spetzler R.F., Nakaji P., Rhoton A.L.Jr., Kawashima M. Cerebral revascularization: anatomy, techniques, clinical cases. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2013. — 363 p., pp. 39-92, 157-200.
13. Abdulrauf S.I. Cerebral revascularization: techniques in extracranial-to-intracranial bypass surgery. — Elsevier, 2011. 378 p., pp. 65-144, 225-264, 333-346.
14. Sekhar L.N., Duff J. M., Kalavakonda C., Olding M. Cerebral revascularization using radial artery grafts for the treatment of complex intracranial aneurysms: techniques and outcomes for 17 patients. Neurosurgery 2001;49(3): 646-658.
15. Kivipelto L., Niemeld M., Meling T., Lehecka M., Lehto H., Hernesniemi J. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: impact of the exact location in the MCA tree. J. Neurosurg 2014;120:398—408.
16. Lawton M.T., Hamilton M.G., Morcos J.J., Spetzler R.F. Revascularization and Aneurysm Surgery: Current Techniques, Indications, and Outcome. Neurosurgery 1996; 38: 1: 83-94.

REFERENCES

1. Krylov V.V., Tkachev V.V., Dobrovolskiy G. F. — Contralateral brain aneurysm surgery. — Moscow: Medicine, 2002. — 192 p. (in Russian).
2. Krylov V.V., Tkachev V.V., Dobrovolskiy G.F. — Microsurgery of Willis polygon aneurysms. — Moscow: Antidor, 2004. — 160 p. (in Russian).
3. Microsurgery of brain aneurysms. — Moscow, 2011. Edited by V. V. Krylov. — 536 p. (in Russian).
4. Brain aneurysm surgery. Edited by V. V. Krylov. In 3 volumes. Moscow, 2011, v. 2 (516 p.), pp. 162-264, 396-431, 482-504, v. 3 (432 p.), pp. 132-171. (in Russian).
5. Krylov V. V. New technologies in surgery of nontraumatic intracranial hemorrhage. — Russian Academy of Medical Sciences bulletin, 2012; 9: 19-26. (in Russian).
6. Nanda A., Sonig A., Banerjee A.D., Javalkar V.K. Microsurgical management of giant intracranial aneurysms: a single surgeon experience from Louisiana state university, Shreveport. — Word Neurosurgery 81 [5/6]: 752-764, May/June 2014.
7. Nossek E., Constantino P.D., Eisenberg M., Dehdashti A.R., Setton A., Chalif D.J., Ortiz R.A., Langer D.J. Internal maxillary artery — middle cerebral artery bypass: infratemporal approach for subcranial-intracranial (SC-IC) bypass. — Neurosurgery, Volume 75, Number 1, July 2014.
8. Nussbaum E.S., Mocco J. Cerebral revascularization: microsurgical and endovascular techniques. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2011. — 257 p.
9. Nussbaum E.S. Video Atlas of Intracranial Aneurysm Surgery. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2012. — 135 p.
10. Tew J.M.Jr., van Loveren H.R. Atlas of operative micro-neurosurgery: aneurysms and arteriovenous malformations. — Saunders Company, 1994. — 313 p.
11. Kalani M.Y.S.; Ramey W.; Albuquerque F.C.; McDougall C.G., Nakaji P.; Zabramski J. M.; Spetzler R. F. Revascularization and Aneurysm Surgery: Techniques, Indications, and Outcomes in the Endovascular Era. — Neurosurgery: May 2014 — Volume 74 — Issue 5, p. 482-498.
12. Spetzler R.F., Nakaji P., Rhoton A.L.Jr., Kawashima M.. Cerebral revascularization: anatomy, techniques, clinical cases. — Thieme Medical Publishers, Inc, 2013. — 363 p., pp. 39-92, 157-200.
13. Abdulrauf S. I. Cerebral revascularization: techniques in extracranial-to-intracranial bypass surgery. — Elsevier, 2011. 378 p., pp. 65-144, 225-264, 333-346.
14. Sekhar L.N., Duff J.M., Kalavakonda C., Olding M. Cerebral revascularization using radial artery grafts for the treatment of complex intracranial aneurysms: techniques and outcomes for 17 patients. Neurosurgery, 2001; 49(3): 646-658.
15. Kivipelto L., Niemeld M., Meling T., Lehecka M., Lehto H., Hernesniemi J. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: impact of the exact location in the MCA tree. J. Neurosurg. 120:398—408, 2014.
16. Lawton M.T., Hamilton M.G., Morcos J.J., Spetzler R.F. Revascularization and Aneurysm Surgery: Current Techniques, Indications, and Outcome. Neurosurgery: January 1996 — Volume 38 — Issue 1 — pp. 83-94.