

# ОПЫТ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБХОДНОГО ШУНТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОЙ АРТЕРИИ

А.В. Дубовой, Д.М. Галактионов, О.Ю. Нахабин, К.С. Овсянников

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Новосибирск);  
Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Андрей Владимирович Дубовой a\_dubovoy@neuronsk.ru

**Цель исследования** — обобщить опыт выполнения экстракраниально-интракраниальных микроанастомозов (ЭИКМА) с использованием верхнечелюстной артерии (ВЧА) в качестве артерии-донора по поводу гигантских аневризм передних отделов артериального круга большого мозга, а также при окклюзии внутренней сонной артерии (ВСА).

**Материалы и методы.** Формирование ЭИКМА с использованием ВЧА выполнено у 4 пациентов: у 1 — с гигантской фузиформной аневризмой М1-сегмента средней мозговой артерии (СМА), у 1 — с гигантской фузиформной аневризмой супраклиноидного отдела ВСА, у 1 — с гигантской бифуркационной аневризмой ВСА и у 1 — с окклюзией супраклиноидного отдела ВСА. У всех пациентов заболевание протекало по псевдотуморозному типу. У пациента с окклюзией ВСА заболевание проявлялось в виде рецидивирующих транзиторных ишемических атак в ипсилатеральном бассейне, выполнение стандартного ЭИКМА было невозможно из-за повреждения поверхностной височной артерии при предшествующей краниотомии в другом лечебном учреждении.

**Результаты.** Во всех наблюдениях хирургическое вмешательство выполняли из птерионального доступа с резекцией скуловой дуги, в качестве артерии-донора использовали ВЧА, в качестве шунта — участок лучевой артерии, в качестве артерии-реципиента — височный ствол М2-сегмента СМА. У пациента с окклюзией ВСА объем хирургического вмешательства ограничился созданием анастомоза, у всех пациентов после формирования анастомоза следовал этап выключения аневризмы из кровотока (дистальное клипирование М1-сегмента СМА у пациента с аневризмой СМА, перевязка шейного отдела ВСА у пациента с аневризмой супраклиноидного отдела ВСА, временный треппинг, тромбэктомия и клипирование аневризмы у пациента с бифуркационной аневризмой ВСА). Функционирование анастомоза подтверждали при помощи интраоперационных доплерографии и флоуметрии, а также при выполнении мультиспиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии в послеоперационном периоде. У всех пациентов зафиксировано устойчивое функционирование анастомозов, объемный кровоток по шунтам составил 33–57 мл/мин. У пациента с бифуркационной аневризмой ВСА в раннем послеоперационном периоде развился контралатеральный гемипарез, связанный с формированием ишемии в бассейне передней ворсинчатой артерии, который в результате консервативной терапии частично регрессировал. В остальных клинических наблюдениях ухудшения неврологического статуса не произошло.

**Заключение.** ЭИКМА с использованием ВЧА в качестве артерии-донора и лучевой артерии в качестве шунта способны обеспечить достаточный заместительный кровоток в бассейне СМА у пациентов с гигантскими аневризмами передних отделов артериального круга большого мозга и пациентов с окклюзией ВСА. Данный тип шунтов представляется менее травматичным по сравнению с высокопоточными шунтами. Учитывая меньшие длину и извилистость шунта, его более защищенную локализацию, можно предполагать меньший риск тромбоза анастомоза в раннем и отдаленном послеоперационных периодах.

**Ключевые слова:** гигантская интракраниальная аневризма, окклюзия внутренней сонной артерии, экстракраниально-интракраниальный анастомоз, верхнечелюстная артерия

**Для цитирования:** Дубовой А.В., Галактионов Д.М., Нахабин О.Ю., Овсянников К.С. Опыт выполнения обходного шунтирования с использованием верхнечелюстной артерии. *Нейрохирургия* 2018;20(1):8–20.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-1-8-20

## Experience of extracranial-intracranial bypass with using maxillary artery

A. V. Dubovoy, D. M. Galaktionov, O. Yu. Nakhabin, K. S. Ovsyannikov

Federal Neurosurgical Center, Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

**Objective** is to present the first experience of creating extracranial-intracranial (EC-IC) bypass using the maxillary artery (MA) as an arterial donor for treatment of giant intracranial aneurysms (GIA), as well as for treatment of internal carotid artery (ICA) occlusion.

**Materials and methods.** We performed EC-IC bypasses using MA at 4 patients: at 3 patients with GIA of the anterior part of the Willis circle (giant fusiform aneurysm of the M1 segment of middle cerebral artery (MCA), giant fusiform aneurysm of the supraclinoid part of ICA, giant ICA bifurcation aneurysm) and at patient with ICA occlusion. All patients with aneurysms had tumor-like clinical manifestation. Patient with ICA occlusion had crescendo ipsilateral MCA transient ischemic attacks. Creation of the traditional EC-IC bypass was impossible because of superficial temporal artery injury as result of prior surgery in other hospital.

**Results.** We used transzygomatic pterional craniotomy, MA as a donor artery, M2 segment of MCA as a recipient artery and radial artery as an interposition graft in all cases. At patient with ICA occlusion surgical treatment included bypass creation, at all patients with GIA after bypass creation we performed aneurysm trapping (distal clipping of M1 segment at patient with MCA aneurysm, cervical ICA ligation at patient with supraclinoid ICA GIA, temporary trapping, thrombectomy and aneurysm clipping at patient with bifurcation ICA GIA). We confirmed bypass patency by intraoperative Doppler sonography and flowmetry and computed tomography or magnetic resonance imaging in postoperative period. In all cases bypasses were patent with flow 33–57 ml per min. Patient with ICA bifurcation GIA suffered from contralateral hemiparesis due to ischemia in anterior choroid artery territory in early postoperative period, which partially regressed at discharge. In other cases there were not any complications.

**Conclusion.** EC-IC bypasses with using MA as a donor and radial artery as an interposition graft can provide sufficient replacement blood flow in the MCA territory in cases of giant cerebral aneurysms and in patients with occlusion of the ICA. This type of bypasses is less traumatic compared with high-flow bypasses. Given the shorter length and less tortuosity of the graft, its more secure localization, we can assume a lower risk of bypass thrombosis in the early and late postoperative periods and higher patency of the graft.

**Key words:** giant intracranial aneurysm, internal carotid artery occlusion, extracranial-intracranial bypass, maxillary artery

**For citation:** Dubovoy A.V., Galaktionov D.M., Nakhabin O.Yu., Ovsyannikov K.S. Experience of extracranial-intracranial bypass with using maxillary artery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(1):8–20.

## ВВЕДЕНИЕ

М.Г. Yasargil и соавт. 30 октября 1967 г. первыми наложили экстракраниально-интракраниальный микрососудистый анастомоз (ЭИКМА), используя поверхностную височную артерию [1]. Затем W.M. Loughheed и соавт. в 1971 г. доложили о первом успешном случае высокопоточкового шунтирования общей сонной артерии и интракраниальной части внутренней сонной артерии (ВСА) с использованием большой подкожной вены бедра [2]. L.N. Sekhar и соавт. описали использование лучевой артерии (ЛА) в высокопоточковом шунтировании наружной сонной артерии и средней мозговой артерии (СМА) при лечении гигантской артериальной аневризмы [3]. С тех пор ЭИКМА широко используются в нейрохирургии при стенозирующих и окклюзирующих сосудистых заболеваниях, сложных случаях аневризм сосудов головного мозга, опухолях основания черепа с вовлечением магистральных артерий.

Накопление опыта наложения анастомозов обусловило модификацию оперативных вмешательств,

расширение бассейнов реваскуляризации, использование в практике новых артерий-доноров. Так, в последнее десятилетие описаны случаи использования верхнечелюстной артерии (ВЧА) в качестве донора при формировании ЭИКМА. Этот анастомоз обладает рядом преимуществ по сравнению с низкопоточковыми и высокопоточковыми шунтами, однако случаи его использования единичны, и по ним сложно сделать однозначные выводы об эффективности этого метода.

**Цель исследования** – обобщить опыт выполнения ЭИКМА с использованием ВЧА как артерии-донора по поводу гигантских аневризм передних отделов артериального круга большого мозга, а также при окклюзии ВСА.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обходное шунтирование с использованием ВЧА нами выполнено в 4 клинических случаях (табл. 1).

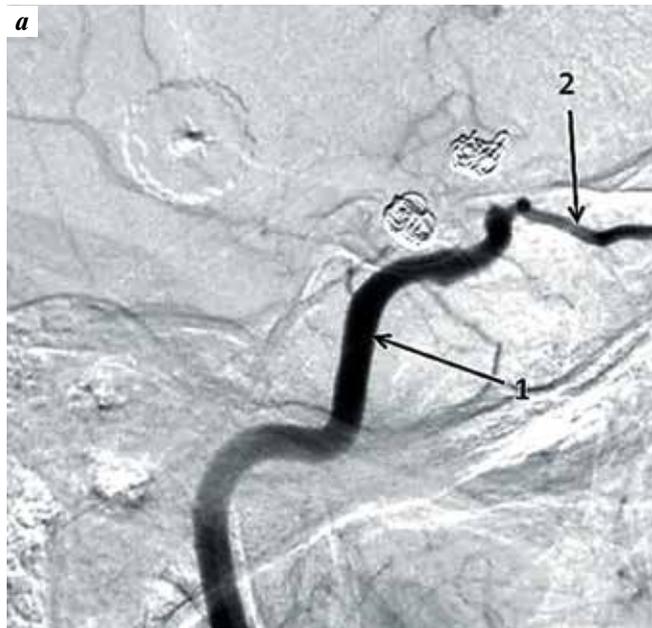
В 1-м случае целью было улучшение кровоснабжения полушария головного мозга у пациента с окклюзией

**Таблица 1.** Описание клинических наблюдений

**Table 1.** Description of clinical observations

№ п/п	Пациент Patient	Пол Gender	Возраст, лет Age, yrs	Патология Pathology
1	Д.	Мужской Male	43	Симптомная окклюзия супраклиноидного отдела левой внутренней сонной артерии Symptomatic occlusion of supraclinoid segment of the left internal carotid artery
2	Т.	Женский Female	53	Гигантская фузиформная частично тромбированная аневризма М1-сегмента правой средней мозговой артерии, псевдотуморозный тип течения Giant fusiform partially thrombosed M1 segment aneurysm of the right middle cerebral artery, pseudotumor type
3	С.	Женский Female	23	Гигантская фузиформная аневризма супраклиноидного отдела левой внутренней сонной артерии, псевдотуморозный тип течения Giant fusiform aneurysm in supraclinoid segment of the left internal carotid artery, pseudotumor type
4	Ч.	Мужской Male	30	Гигантская бифуркационная аневризма левой внутренней сонной артерии, псевдотуморозный тип течения Giant bifurcation aneurysm of the left internal carotid artery, pseudotumor type

супраклиноидного отдела ВСА диссекционного генеза (рис. 1). Ранее в другом лечебном учреждении пациент перенес эндоваскулярную эмболизацию микро-

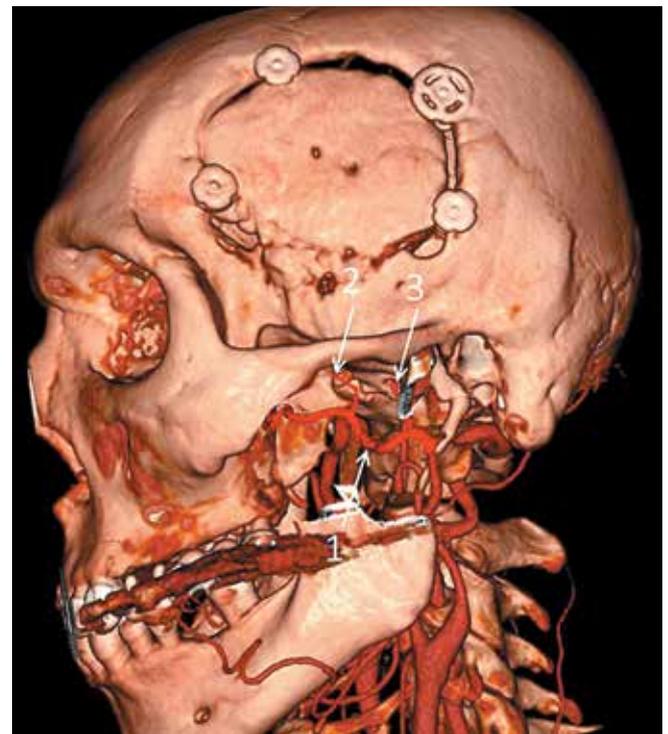


**Рис. 1.** Дигитальная субтракционная церебральная ангиография пациента Д. с окклюзией супраклиноидного отдела левой внутренней сонной артерии (ВСА): а – левая ВСА, боковая проекция; 1 – кавернозный отдел ВСА, 2 – глазная артерия; б – контрастирование через правую ВСА, прямая проекция; окклюзия левой ВСА в офтальмическом сегменте; бассейн левой средней мозговой артерии частично заполняется через перетоки по передней соединительной артерии (указано стрелкой)

**Fig. 1.** Digital subtraction cerebral angiography of patient Д. with occlusion of supraclinoid branch of the left internal carotid artery (ICA): а – the left ICA, lateral projection; 1 – cavernous ICA branch, 2 – ophthalmic artery; б – contrast to the right ICA, direct projection; occlusion of the left ICA in the ophthalmic segment; the pool of the left middle cerebral artery is partially filled through flows along the anterior cerebral artery (indicated by an arrow)

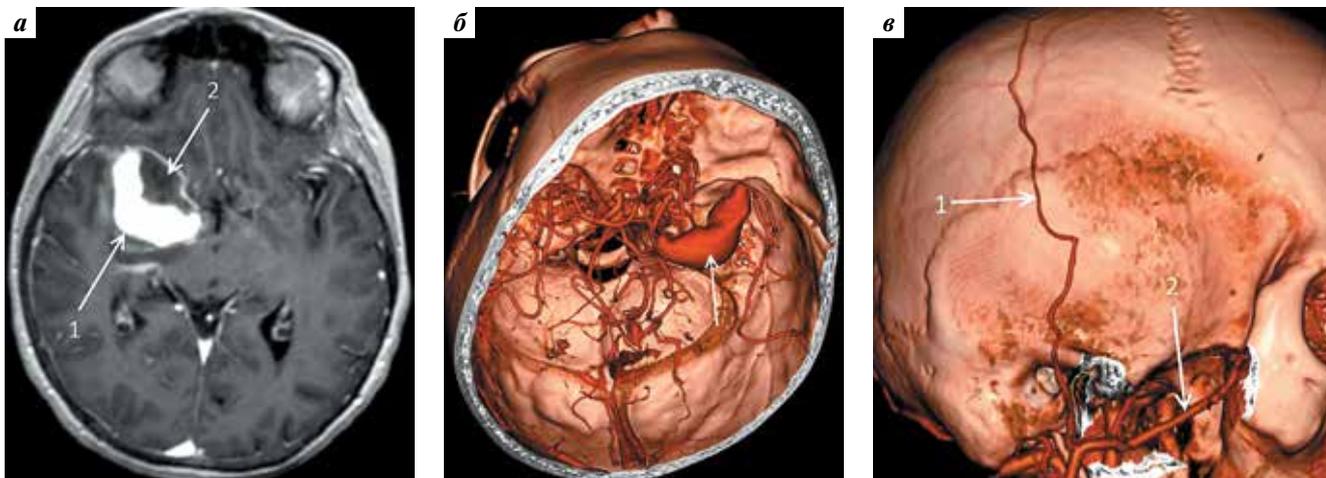
спиралями аневризм передней мозговой и передней соединительной артерий, коммуникантного отдела правой ВСА; птериональную краниотомию, укрепление стенок аневризмы супраклиноидного отдела левой ВСА. В результате предшествующего хирургического вмешательства поверхностная височная артерия была повреждена (рис. 2). Пациент поступил с клинической картиной рецидивирующих транзиторных ишемических атак в бассейне левой СМА в виде нарушения речи, слабости и онемения в правых конечностях. По данным перфузионной компьютерной томографии после нагрузочной пробы с ацетазоламидом кровенаполнение и кровоток в бассейне СМА не увеличивались по сравнению с исходными, что свидетельствовало о снижении перфузионных резервов [4].

Во 2-м клиническом наблюдении у пациентки Т. при магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга выявлены гигантская фузиформная частично тромбированная аневризма М1-сегмента правой СМА с максимальным диаметром до 46 мм, сдавление оперкулярных отделов лобной, височной долей и правой ножки среднего мозга, боковая дислокация прозрачной перегородки до 11 мм (рис. 3а). При мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) контрастируется



**Рис. 2.** Мультиспиральная компьютерная томография пациента Д. с окклюзией супраклиноидного отдела левой внутренней сонной артерии: 1 – левая верхнечелюстная артерия с ветвями, 2 – глубокая артерия височной мышцы, 3 – средняя оболочечная артерия; поверхностная височная артерия не контрастируется

**Fig. 2.** Multislice computed tomography of patient Д. with occlusion of supraclinoid branch of the left internal carotid artery: 1 – the left maxillary artery with branches, 2 – the deep temporal artery, 3 – the middle meningeal artery; the superficial temporal artery does not contrast



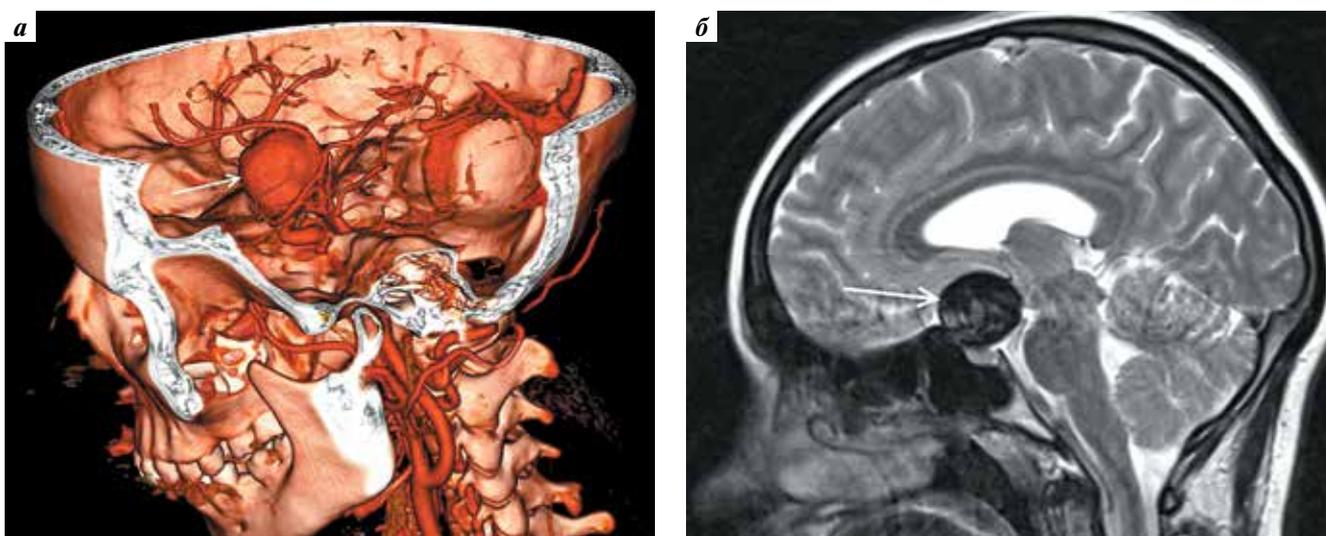
**Рис. 3.** Нейровизуализационное обследование пациентки Т. с гигантской фузиформной частично тромбированной аневризмой М1-сегмента правой средней мозговой артерии: а – магнитно-резонансная томография головного мозга, последовательность Т1: 1 – серпантинный канал аневризмы, 2 – тромбированная часть аневризмы; б – мультиспиральная компьютерная томография (серпантинный канал аневризмы указан стрелкой); в – мультиспиральная компьютерная томография: 1 – теменная ветвь поверхностной височной артерии (лобная ветвь поверхностной височной артерии не контрастируется), 2 – верхнечелюстная артерия

**Fig. 3.** Neuroimaging examination of the patient T. with partially thrombosed giant fusiform aneurysm of the M1 segment of the right middle cerebral artery: a – magnetic resonance imaging of the brain, T1 sequence: 1 – serpentine channel of the aneurysm, 2 – thrombosed part of the aneurysm; б – multispiral computed tomography (serpentine channel of the aneurysm indicated by an arrow); в – multispiral computed tomography: 1 – parietal branch of superficial temporal artery (the frontal branch of the superficial temporal artery does not contrast), 2 – maxillary artery

серпантинный канал аневризмы, занимающей проксимальные 4/5 М1-сегмента правой СМА (рис. 3б). Кроме того, выявлена критическая гипоплазия лобного ствола поверхностной височной артерии, не позволяющая сформировать двойной ЭИКМА для ревазуляризации бассейна СМА (рис. 3в).

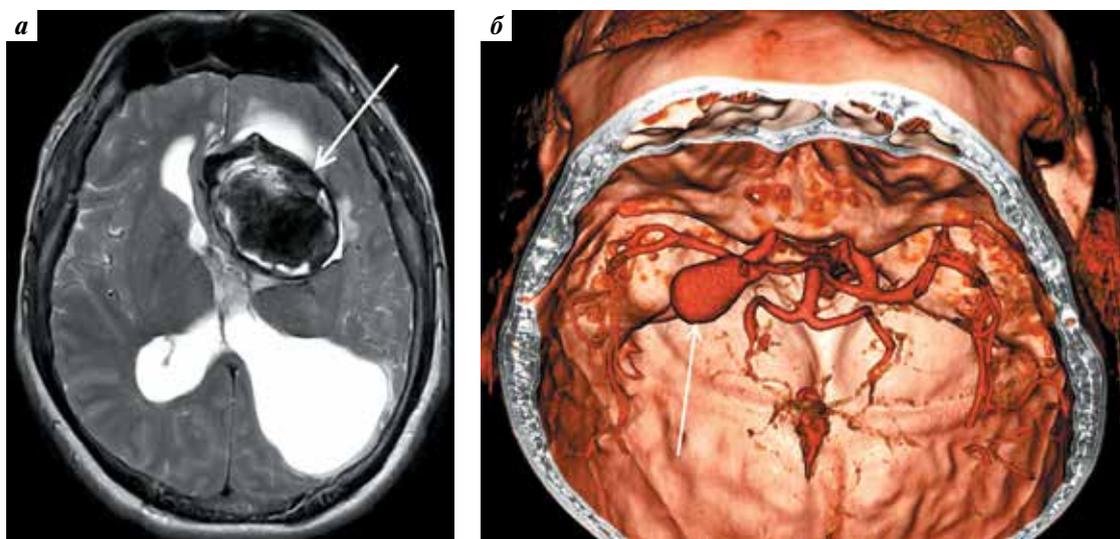
В 3-м клиническом наблюдении у пациентки С. заболевание манифестировало выпадением височных полей зрения. При осмотре офтальмологом опреде-

лялись темпоральная гемианопсия слева, частичная темпоральная гемианопсия справа, частичная атрофия диска зрительного нерва левого глаза. При выполнении МРТ головного мозга и МСКТ выявлены гигантская фузиформная аневризма супраклиноидного отдела левой ВСА размером до  $25 \times 23 \times 22$  мм, смещение кверху А1- и А2-сегментов обеих передних мозговых артерий (рис. 4). Попытки эндоваскулярного лечения по месту жительства были безуспешными.



**Рис. 4.** Нейровизуализационное обследование пациентки С. с гигантской фузиформной аневризмой супраклиноидного отдела левой внутренней сонной артерии: а – мультиспиральная компьютерная томография (аневризма указана стрелкой); б – магнитно-резонансная томография головного мозга, последовательность Т2 (аневризма указана стрелкой)

**Fig. 4.** Neuroimaging examination of the patient C. with giant fusiform aneurysm of supraclinoid segment of the left internal carotid artery: а – multispiral computed tomography (the aneurism indicated by an arrow); б – magnetic resonance imaging of the brain, the sequence of T2 (aneurysm is indicated by an arrow)



**Рис. 5.** Данные нейровизуализационного обследования пациента Ч. с гигантской частично тромбированной бифуркационной аневризмой левой внутренней сонной артерии: а – магнитно-резонансная томография головного мозга, последовательность T2 (аневризма указана стрелкой); б – мультиспиральная компьютерная томография (аневризма указана стрелкой)

**Fig. 5.** Neuroimaging examination of the patient Ч. with a partially thrombosed giant aneurysm of the left internal carotid artery bifurcation: а – magnetic resonance imaging of the brain, the sequence of T2 (aneurysm is indicated by an arrow); б – multispiral computed tomography (aneurysm is indicated by an arrow)

В 4-м клиническом наблюдении у пациента Ч. аневризма обнаружена в результате обследования по поводу клинической картины окклюзионной гидроцефалии. По данным МРТ, МСКТ выявлена гигантская частично тромбированная бифуркационная аневризма левой ВСА со сдавлением переднего рога и тела левого бокового желудочка и отверстия Монро слева и признаками окклюзионной гидроцефалии (рис. 5).

#### ТЕХНИКА ДОСТУПА И СОЗДАНИЯ АНАСТОМОЗА

Во всех случаях мы выполнили птериональную краниотомию с резекцией скуловой дуги. При резекции дна средней черепной ямки костными ориентирами для направления резекции служили виртуальная линия, проведенная между латеральными краями круглого и овального отверстий, и борозда большого крыла клиновидной кости. Дифференцировали латеральную крыловидную мышцу сразу медиальнее височной мышцы с направлением волокон перпендикулярно волокнам височной мышцы. Пространство между нижней головкой латеральной крыловидной мышцы и жировой тканью является ориентиром для нахождения ВЧА [5]. Далее выходили к дистальной части крыловидного сегмента ВЧА, где она делает петлю, продолжаясь вдоль задней стенки верхнечелюстной пазухи. Локализацию ВЧА подтверждали доплеровским исследованием (аппарат Multi-Dop T, DWL, Германия). Производили диссекцию ВЧА от соединительной ткани на протяжении 1,5 см. Накладывали проксимальный анастомоз по типу «конец в бок» с графтом из ЛА длиной 6–7 см монофиламентной полиэфирной нитью 9/0 непрерывным швом (рис. 6).

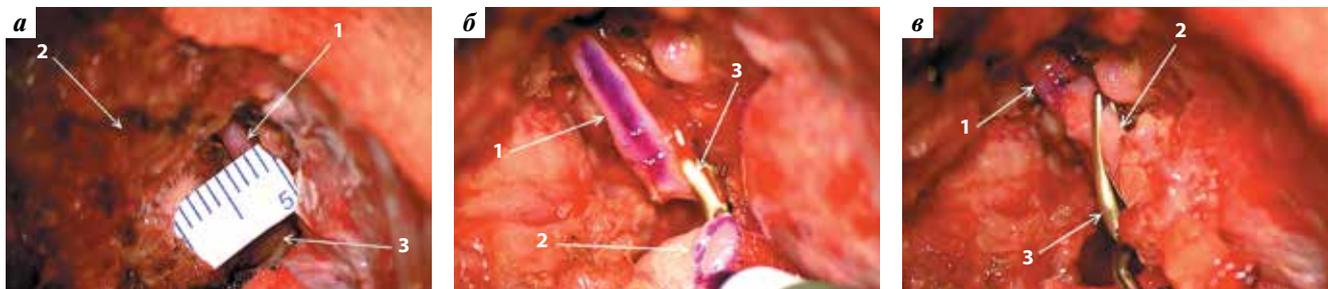
Затем переходили к интракраниальному этапу операции. Производили диссекцию латеральной щели мозга и выделяли М2-сегмент СМА. Формировали анастомоз по типу «конец в бок» монофиламентной полиэфирной нитью 9/0 непрерывным швом между дистальным отделом шунта и М2-сегментом СМА (рис. 7).

У пациента Д. с окклюзией супраклиноидного отдела ВСА оперативное вмешательство на этом завершилось. У пациентки Т. с гигантской фузиформной аневризмой М1-сегмента СМА осуществляли дистальное клипирование М1-сегмента в связи с потенциальной травматичностью выделения проксимальных отделов аневризмы и необходимостью обеспечения кровотока по лентикюлостриарным артериям. У пациентки С. с гигантской фузиформной аневризмой супраклиноидного отдела ВСА выполнено лигирование шейного отдела ВСА. У пациента Ч. с гигантской бифуркационной аневризмой ВСА произведены временный треппинг аневризмы, вскрытие ее купола, тромбэкстракция, моделирование и реконструкция шейки аневризмы сосудистыми клипсами. Интраоперационно объемный кровоток по ВЧА определяли с помощью ультразвукового флоуметра (Transonic Systems, Inc., США) (табл. 2).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

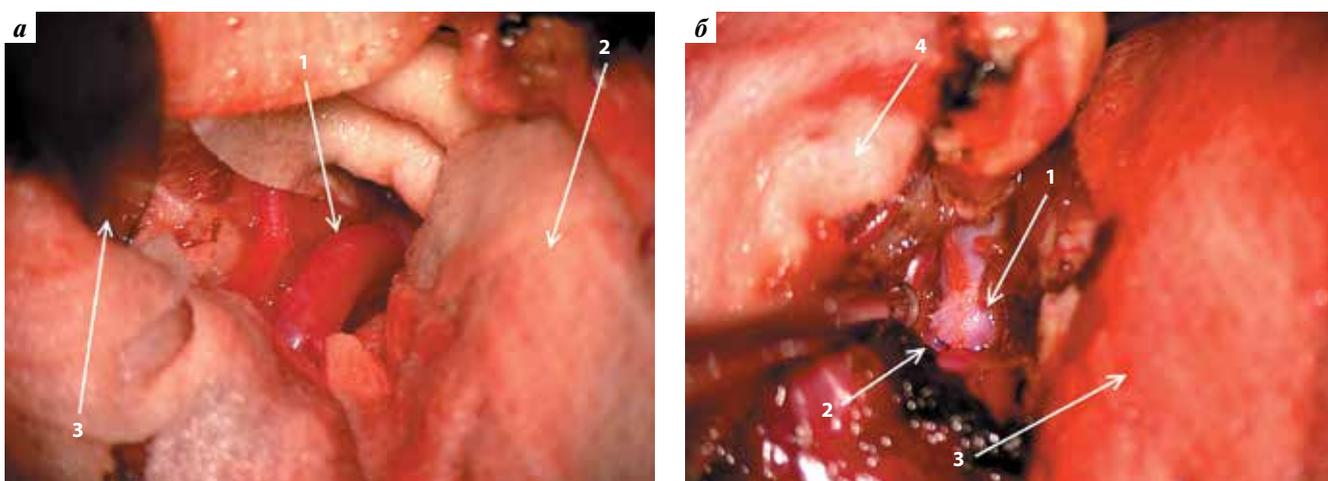
По данным контрольной МСКТ, выполненной на следующие сутки после операции, во всех случаях выявлена состоятельность шунта.

У пациента Д. с окклюзией ВСА регрессировало онемение в правых конечностях, повторных транзиторных ишемических атак за время наблюдения не произошло, при МРТ подтверждено функционирование шунта (рис. 8).



**Рис. 6.** Формирование анастомоза между верхнечелюстной артерией (ВЧА) и шунтом. Интраоперационные фотографии: а – выполнена диссекция ВЧА: 1 – ВЧА, 2 – височная мышца, 3 – основание средней черепной ямки; б – подготовка к формированию анастомоза: 1 – ВЧА (маркером отмечена проекция артериотомии), 2 – кончик шунта (края кончика окрашены маркером), 3 – временная клипса на ВЧА; в – сформированный анастомоз: 1 – ВЧА, 2 – шунт, 3 – временная клипса на шунте

**Fig. 6.** Formation of anastomosis between the maxillary artery (MA) and bypass. Intraoperative photos: а – MA dissection was performed: 1 – MA, 2 – temporalis muscle, 3 – base of the middle cranial fossa; б – the preparation for the formation of the anastomosis: 1 – MA (projection arteriotomy marked with a marker), 2 – bypass tip (the edges of the tip are painted with a marker), 3 – temporary clip on the MA; в – anastomosis formed: 1 – MA, 2 – bypass, 3 – temporary clip on bypass



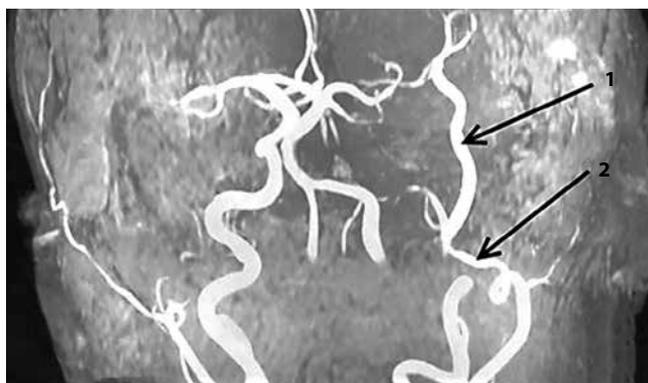
**Рис. 7.** Формирование анастомоза между шунтом и височным стволом М2-сегмента средней мозговой артерии (СМА). Интраоперационные фотографии: а – выполнена диссекция височного ствола М2-сегмента СМА: 1 – ствол М2-сегмента СМА, 2 – лобная доля (укрыта ватником), 3 – шпатель на височной доле (доля укрыта ватником); б – сформированный анастомоз: 1 – шунт, 2 – ствол М2-сегмента СМА, 3 – лобная доля (укрыта ватником), 4 – височная доля (укрыта ватником)

**Fig. 7.** Formation of anastomosis between the bypass and the temporal trunk of the M2 segment of the middle cerebral artery (MCA). Intraoperative photos: а – dissection of the temporal trunk of the M2 segment of the MCA was performed: 1 – the trunk of the M2 segment of MCA, 2 – frontal lobe (covered by the cottonoid), 3 – spatula on the temporal lobe (the lobe covered by the cottonoid); б – shaped anastomosis: 1 – bypass, 2 – the trunk of the M2 segment of MCA, 3 – frontal lobe (covered by the cottonoid), 4 – temporal lobe (covered by the cottonoid)

У пациентки Т. по данным МСКТ произошло уменьшение просвета функционирующей части аневризмы; планируется проведение контрольной церебральной ангиографии через 3 мес (рис. 9).

У пациентки С. в раннем послеоперационном периоде развились элементы дизартрии и парез лицевого нерва справа, обусловленные тракционными изменениями в лобной доле, которые на фоне лечения, логопедических занятий регрессировали к моменту выписки. При контрольной МСКТ установлено, что шунт функционирует, аневризма не визуализировалась (рис. 10).

У пациента Ч. в раннем послеоперационном периоде наблюдался грубый правосторонний гемипарез, обусловленный тромбированием дистальной части супраклиноидного отдела левой ВСА с вовлечением



**Рис. 8.** Послеоперационная магнитно-резонансная томография пациента Д.: 1 – шунт, 2 – верхнечелюстная артерия

**Fig. 8.** Postoperative magnetic resonance imaging of patient Д.: 1 – bypass, 2 – maxillary artery

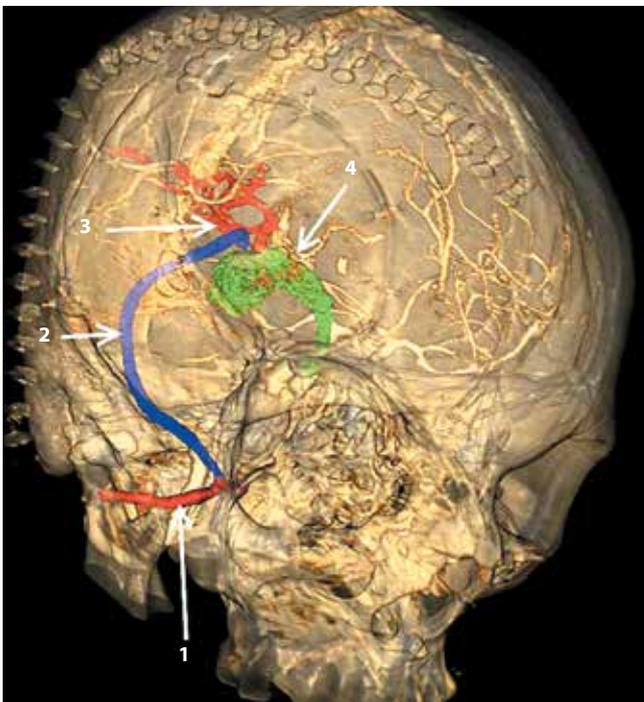
Таблица 2. Виды и параметры хирургических вмешательств, исходы хирургического лечения

Table 2. Types and parameters of surgical interventions, outcomes of surgical treatment

№ п/п	Пациент Patient	Вид хирургического вмешательства Types of surgical interventions	Кровопотеря, мл Blood loss, ml	Время пережатия СМА, мин Cross-clamp time MCA, min	Объемный кровоток по шунту, мл/мин Volumetric blood flow cross-over bypass, ml/min	Оценка по шкале исходов Глазго Glasgow Outcome Scale
1	Д.	Шунтирование ВЧА и СМА с использованием ЛА MA and MCA bypass with RA using	150	24	40,5	5
2	Т.	Шунтирование ВЧА и СМА с использованием ЛА, клипирование СМА дистальной аневризмы MA and MCA bypass with RA using, clipping of distal MCA aneurysm	200	34	57	4
3	С.	Шунтирование ВЧА и СМА с использованием ЛА, перевязка шейного отдела ВСА MA and MCA bypass with RA using, ICA cervical internal carotid ligation	400	29	33	5
4	Ч.	Шунтирование ВЧА и СМА с использованием ЛА, тромбэктомия и клипирование аневризмы MA and MCA bypass with RA using, thrombectomy and aneurysm clipping	250	26	54	4

**Примечание.** ВСА – внутренняя сонная артерия, ВЧА – верхнечелюстная артерия, ЛА – лучевая артерия, СМА – средняя мозговая артерия.

*Note.* ICA – internal carotid artery, MA – maxillary artery, RA – radial artery, MCA – middle cerebral artery.



**Рис. 9.** Послеоперационная мультиспиральная компьютерная томография пациентки Т.: 1 – верхнечелюстная артерия, 2 – шунт, 3 – средняя мозговая артерия, 4 – просвет аневризмы

**Fig. 9.** Postoperative multispiral computed tomography of patient T.: 1 – maxillary artery, 2 – bypass, 3 – middle cerebral artery, 4 – aneurysm lumen



**Рис. 10.** Послеоперационная мультиспиральная компьютерная томография пациентки С.: 1 – верхнечелюстная артерия, 2 – шунт, 3 – средняя мозговая артерия, 4 – устье лигированной внутренней сонной артерии

**Fig. 10.** Postoperative multispiral computed tomography of patient C.: 1 – maxillary artery, 2 – bypass, 3 – middle cerebral artery, 4 – mouth of ligation of the internal carotid artery

передней ворсинчатой артерии и развитием ишемии в подкорковых ядрах. В результате проведенной терапии гемипарез частично регрессировал. При контрольной

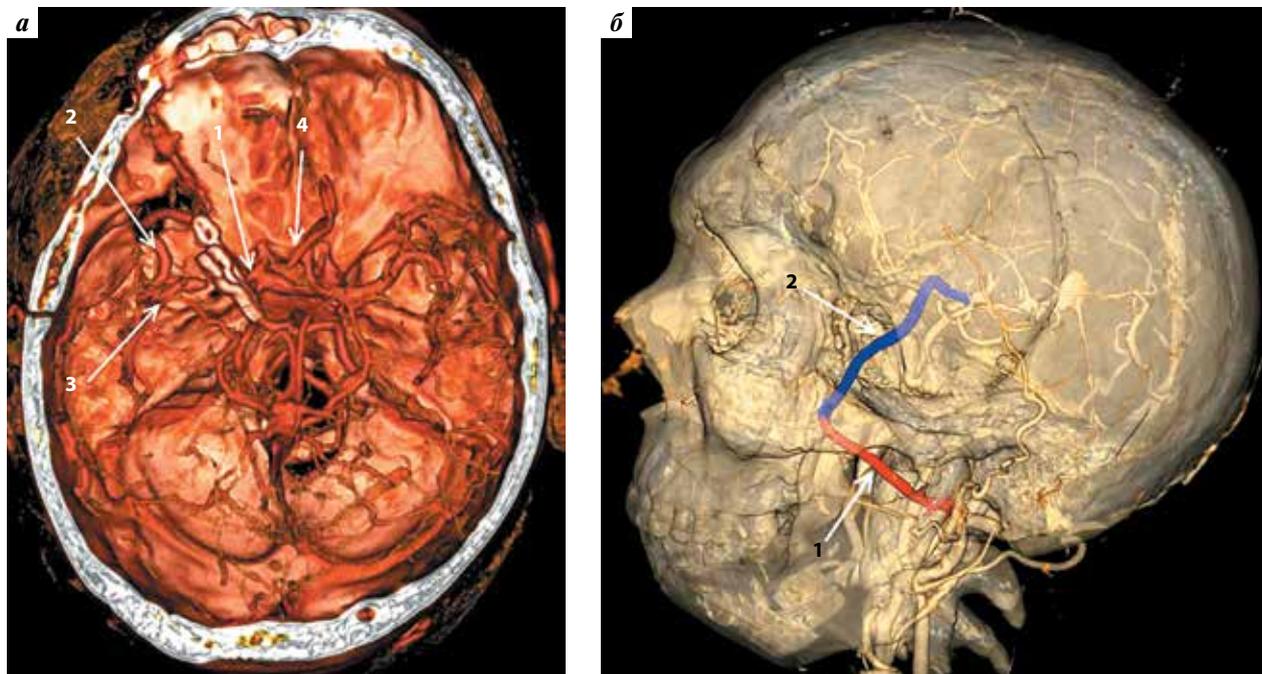


Рис. 11. Послеоперационная мультиспиральная компьютерная томография пациента Ч.: а – аксиальная проекция: 1 – левая внутренняя сонная артерия, 2 – шунт, 3 – левая средняя мозговая артерия, 4 – А2-сегмент левой передней мозговой артерии; б – боковая проекция: 1 – верхнечелюстная артерия, 2 – шунт

Fig. 11. Postoperative multispiral computed tomography of patient Ч.: а – axial projection: 1 – left internal carotid artery, 2 – bypass, 3 – left middle cerebral artery, 4 – A2 segment of the left anterior cerebral artery; б – lateral projection: 1 – maxillary artery, 2 – bypass

МСКТ аневризма не визуализировалась, шунт функционировал (рис. 11).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Наложение ЭИКМА применяется для лечения сложных аневризм, которые требуют окклюзии питающей артерии, опухолей основания черепа, вовлекающих крупные сосуды, болезни мойамойа; ишемических заболеваний головного мозга на фоне стенозирующей и окклюдированной патологии.

В зависимости от пропускной способности анастомозы делятся на низкопоточковые и высокопоточковые [6]. Традиционно при стенозирующе-окклюдированных заболеваниях и болезни мойамойа накладываются низкопоточковые анастомозы с использованием небольшой артерии скальпа. При этом требуется время для увеличения диаметра и пропускной способности анастомоза [7]. По данным исследования COSS, традиционный анастомоз между поверхностной височной артерией и ветвями СМА не снижает риск повторного инсульта в сравнении с консервативной терапией [8]. Ряд авторов считает, что это связано с неадекватным объемным кровотоком, проходящим через поверхностную височную артерию [7], который составляет в среднем 23,3 мл/мин [9]. В то же время использование высокопоточкового анастомоза при стенозирующе-окклюдированных заболеваниях ограничено из-за риска гиперперфузии.

При гигантских церебральных аневризмах, опухолях головного мозга чаще всего применяются высоко-

поточковые шунты [10–14]. Наиболее часто для создания анастомоза в качестве артерии-донора используется наружная сонная артерия, которая соединяется с ВСА или ее ветвями с помощью графта (ЛА, большая подкожная вена ноги). Для применения этой техники нужен графт длиной не менее 20 см, который может быть сдавлен мягкими тканями или перегнуться в процессе проведения под кожей; при этом также требуется не менее 2 отдельных доступов (на голове и на шее).

В последнее время в научной литературе все чаще появляются данные об использовании ВЧА как альтернативной артерии-донора для реваскуляризации. Это связано с тем, что использование ВЧА в качестве донора имеет ряд преимуществ: по сравнению с низкопоточковым анастомозом – больший объемный кровоток (40,0–81,36 мл/мин) и более высокий показатель отдаленной проходимости [7, 15, 16], по сравнению с классическим высокопоточковым шунтом – отсутствие необходимости осуществлять доступ на шее, более короткий шунт, отсутствие необходимости туннелирования мягких тканей, что снижает риски его несостоятельности [15, 17].

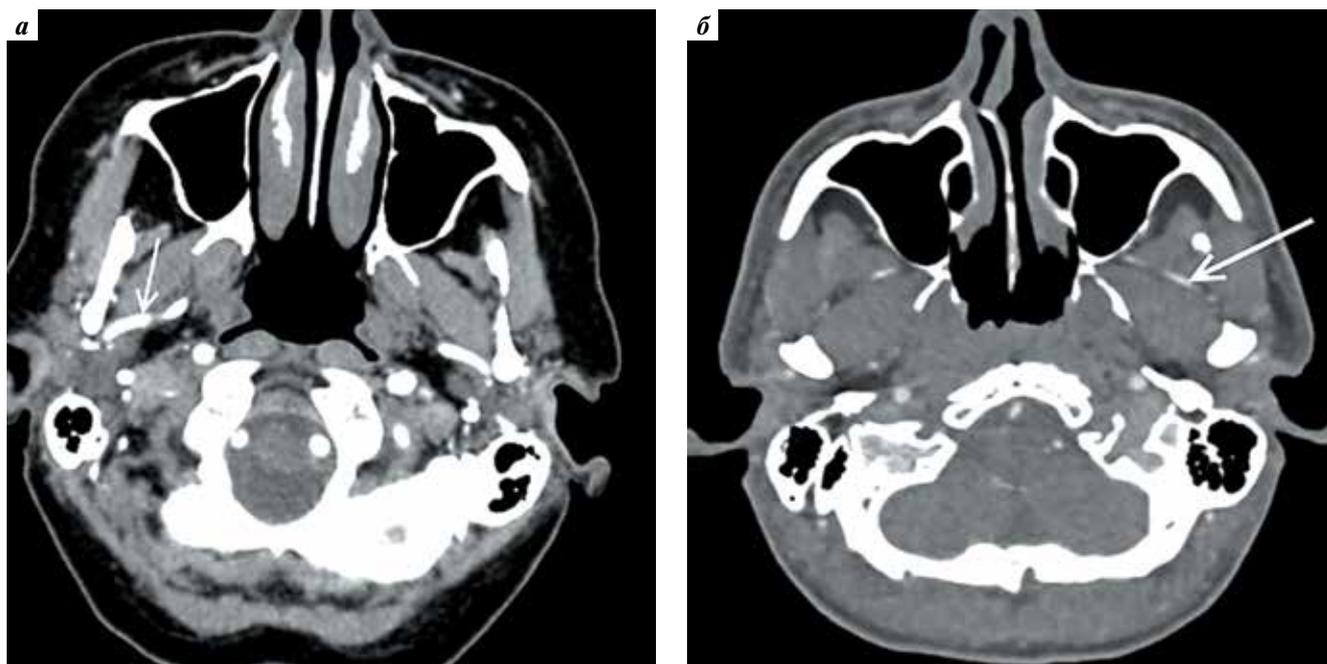
Но сложность анатомии подвисочной, крылонебной ямок, особенности хирургического доступа затрудняют использование ВЧА в качестве донора. ВЧА является одной из конечных ветвей наружной сонной артерии, начинается медиально от шейки нижней челюсти между мышечным отростком нижней челюсти и клиновидно-нижнечелюстной связкой [18].

Чаще ВЧА лежит кнаружи от латеральной крыловидной мышцы (в 55,4–93 % случаев) [19–22] и проходит латеральнее нижнего альвеолярного, язычного и щечного нервов (рис. 12). В 16 % случаев только щечный нерв пересекает ВЧА латерально, и в 5 % случаев артерия проходит глубже, чем все ветки нижнечелюстного нерва [20].

ВЧА может быть разделена на 3 сегмента по траектории ее прохождения: нижнечелюстной, крыловидный и крылонебный. Нижнечелюстной сегмент располагается медиально по отношению к шейке мышелка нижней челюсти и разветвляется на среднюю менингеальную артерию, дополнительную менингеальную артерию и нижнюю альвеолярную артерию. Крыловидный сегмент располагается от латерального края латеральной крыловидной мышцы до клиновидно-верхнечелюстной щели [23, 24]. В нем можно выделить основной ствол, который имеет наибольший диаметр, и конечную часть, которая делает петлю. Границей между основным стволом и конечной частью крыловидного сегмента является щечный нерв [25]. После прохождения через крылонебную щель ВЧА входит в крылонебную ямку и образует крылонебный сегмент. Для создания ЭИКМА используется крыловидный сегмент ВЧА благодаря хорошей доступности этого участка и подходящему диаметру. Его средняя длина составляет 14,96–19,66 мм, диаметр –  $3,24 \pm 0,20$  мм [19]. Данный сегмент имеет несколько ветвей, которые снабжают кровью височную и жевательные мышцы (табл. 3).

Впервые клинический случай использования ВЧА в качестве донора при создании анастомоза с супра-

клиноидным отделом ВСА с помощью большой подкожной вены ноги у пациента с фузиформной аневризмой каменистого отдела ВСА описали F.D. Vrionis и соавт. [26]. Затем S.I. Abdulrauf и соавт. представили случай анастомоза между ВЧА и СМА с использованием ЛА в качестве шунта при лечении сложной аневризмы ВСА. Доступ осуществлялся к дистальному отделу крыловидного сегмента ВЧА через переднелатеральный треугольник средней черепной ямки. Петля ВЧА располагалась кпереди и параллельно линии, проведенной между круглым и овальным отверстиями. Накладывался анастомоз «конец в бок» [27]. Этот «переднемедиальный доступ» имеет ряд недостатков: открывается очень небольшой участок подвисочной ямки с очень узким коридором для диссекции, множественные артериальные ветки и глубина расположения ВЧА могут приводить к ее перегибу в процессе транспозиции в среднюю черепную ямку. Все это повышает риски неудачи при наложении анастомоза [17, 28]. В связи с этим J.L. Eller и соавт. разработали переднебоковой доступ с резекцией переднебоковой стенки средней черепной ямки от большого крыла клиновидной кости до подвисочного гребня [17]. E. Nossek и соавт. предложили выполнение прямоугольной резекции дна средней черепной ямки в комбинации с остеотомией скуловой кости. При этом подвисочная ямка объединяется со средней черепной ямкой путем полного удаления большого крыла клиновидной кости до точки на 2 мм латеральнее виртуальной линии, соединяющей круглое и овальное отверстия. В 1 случае авторами выполнялся анастомоз по типу «конец в бок»,



**Рис. 12.** Расположение верхнечелюстной артерии (указана стрелкой) на мультиспиральной компьютерной томограмме: а – медиальное, б – латеральное

**Fig. 12.** The location of the maxillary artery (indicated by an arrow) on a multispiral computed tomogram: а – medial, б – lateral

Таблица 3. Анатомия верхнечелюстной артерии (адаптировано из [19])

Table 3. Anatomy of the maxillary artery (adapted from [19])

Сегмент Segment	Ветвь Branch	Территория кровоснабжения Territory
Нижне- челюстной Mandibular	Барабанная артерия Tympanic artery	Среднее ухо Middle ear
	Глубокая ушная артерия Deep auricular artery	Наружный слуховой канал, барабанная перепонка, височно-нижнечелюстное сочленение External auditory meatus, tympanic membrane and temporomandibular joint
	Средняя оболочечная артерия Middle meningeal artery	Твердая мозговая оболочка, свод черепа Dura mater and calvaria
	Добавочная оболочечная артерия Accessory meningeal artery	Параселлярная область, евстахиева труба и мягкое небо Parasellar region, Eustachian tube and soft palate
	Нижняя альвеолярная артерия Inferior alveolar artery	Нижние моляры, премоляры, клыки, резцы Lower molars, premolars, canine and incisors
Крыловидный Pterygoid	Передняя глубокая височная артерия Anterior deep temporal artery	Височная мышца Temporalis muscle
	Задняя глубокая височная артерия Posterior deep temporal artery	Височная мышца Temporalis muscle
	Жевательная артерия Masseteric artery	Жевательная мышца Masseteric muscle
	Щечная артерия Buccal artery	Мышцы щеки, слизистая и кожа щеки Buccinator muscle, mucous membrane and skin of the cheek
	Крыловидная артерия Pterygoid artery	Крыловидная мышца Pterygoid muscle
Крылонебный Pterygopalatine	Задняя верхняя альвеолярная артерия Posterior superior alveolar artery	Верхние зубы Upper teeth
	Подглазничная артерия Infraorbital artery	Верхние резцы и клыки, слизистая верхнечелюстной пазухи Upper incisor and canine and mucous membrane of maxillary sinus
	Большая небная артерия Greater palatine artery	Твердое небо Hard palate
	Клиновидно-небная артерия Sphenopalatine artery	Перегородка носа и носовые раковины Nasal septum and turbinates
	Видиева артерия Vidian artery	Верхняя часть глотки и евстахиева труба Upper part of the pharynx and Eustachian tube

в 3 случаях – «конец в конец», который, по заключению авторов, является менее требовательным [15]. X. Feng и соавт. описали доступ к ВЧА через латеральный треугольник дна средней черепной ямки. Границами треугольника являются: остистое отверстие (вершина треугольника), сзади – линия, соединяющая остистое отверстие с передним краем корня скуловой дуги, медиально – линия между остистым отверстием и круглым отверстием, латерально – латеральный край средней черепной ямки. При этом доступе выполняется остеотомия длиной  $27,8 \pm 4,2$  мм и шириной  $13,3 \pm 1,5$  мм в среднем. Средняя глубина залегания ВЧА относительно дна средней черепной ямки составляет  $16,8 \pm 3,2$  мм, длина диссекции ВЧА –  $17,6 \pm 3,3$  мм. Авторы предлагают проксимальный анастомоз по типу «конец в бок» и выполнение доступа без орбитозигматической краниотомии [28]. В статье К. Yağmurlu и соавт. предлагается доступ к ВЧА без остеотомии

скуловой кости и дна средней черепной ямки. Доступ можно осуществить 2 путями: 1) достичь ВЧА, идя вдоль глубоких височных артерий; 2) достичь терминальных отделов крыловидного сегмента ВЧА, следуя вдоль клиновидной борозды на большом крыле клиновидной кости. Затем основной ствол может быть выделен ретроградно [25]. Ряд авторов относится к возможности выполнения анастомоза при данном доступе со скепсисом [29], но, несомненно, описанные ориентиры для диссекции ВЧА важны и применялись нами при выполнении оперативных вмешательств.

При проведении операций мы выбрали ЛА в качестве шунта по нескольким причинам: соответствие ЛА и ВЧА по диаметру, высокая устойчивость ЛА к перегибу и сдавлению окружающими тканями [30]. Кроме того, нами накоплен опыт использования ЛА при церебральной патологии. ЛА в качестве шунта показала высокую проходимость в раннем (95 % через 3 нед)

и позднем (95 % через 5 лет) периодах [31]. В то же время большая подкожная вена, по некоторым сведениям [32], имеет более низкие показатели ранней (85 % через 1 мес) и поздней (82 % через 5 лет) проходимости. Основным недостатком использования ЛА является ее способность спазмироваться. Для борьбы с этим процессом L.N. Sekhar с соавт. предложили эффективную технику «раздувания» артерии под давлением [33]. Перед забором ЛА обязательна оценка состоятельности ладонной дуги с проведением теста Аллена. E. Nossek с соавт. в качестве шунта предложили использовать латеральную подкожную вену, взятую с предплечья, как сосуд, наиболее подходя-

щий по диаметру и наименее значимый с гемодинамической точки зрения для конечности [34]. В настоящий момент количество таких наблюдений очень мало и нет данных по отдаленной проходимости этого графта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обходное шунтирование с использованием ВЧА представляется альтернативным методом реваскуляризации при окклюзирующих заболеваниях сосудов головного мозга, сложных аневризмах головного мозга, требующих выключения питающей артерии, и характеризуется хорошими показателями объемного кровотока и проходимости.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yasargil M. G., Krayenbuhl H. A., Jacobson J. H. Microneurosurgical arterial reconstruction. *Surgery* 1970;67(1):221–33. PMID: 5409859.
2. Lougheed W. M., Marshall B. M., Hunter M. et al. Common carotid to intracranial internal carotid bypass venous graft. Technical note. *J Neurosurg* 1971;34(1):114–8. DOI: 10.3171/jns.1971.34.1.0114. PMID: 5539642.
3. 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):646–58. DOI: 10.1097/00006123-200109000-00023. PMID: 11523676.
4. Kataoka H., Miyamoto S., Ogasawara K. et al. Results of prospective cohort study on symptomatic cerebrovascular occlusive disease showing mild hemodynamic compromise [Japanese Extracranial-Intracranial Bypass Trial (JET)-2 Study]. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2015;55(6):460–8. DOI: 10.2176/nmc.0a.2014-0424. PMID: 26041628. PMID: PMC4628197.
5. Wang L., Lu S., Qian H., Shi X. Internal maxillary artery bypass with radial artery graft treatment of giant intracranial aneurysms. *World Neurosurg* 2017;105:568–84. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.014. PMID: 28610970.
6. Kawashima M., Rhoton A. L., Tanriover N. et al. Microsurgical anatomy of cerebral revascularization. Part I: Anterior circulation. *J Neurosurg* 2005;102(1):116–31. DOI: 10.3171/jns.2005.102.1.0116. PMID: 15658104.
7. Yu Z., Yang Y., Shi X. et al. A comparison of haemodynamics between subcranial-intracranial bypass and the traditional extracranial-intracranial bypass. *Br J Neurosurg* 2017;31(6):668–71. DOI: 10.1080/02688697.2017.1327015. PMID: 28490201.
8. Reynolds M. R., Derdeyn C. P., Grubb R. L. et al. Extracranial-intracranial bypass for ischemic cerebrovascular disease: what have we learned from the Carotid Occlusion Surgery Study? *Neurosurg Focus* 2014;36(1):E9. DOI: 10.3171/2013.10.FOCUS13427. PMID: 24380486.
9. Alaraj A., Ashley W. W., Charbel F. T., Amin-Hanjani S. The superficial temporal artery trunk as a donor vessel in cerebral revascularization: benefits and pitfalls. *Neurosurg Focus* 2008;24(2):E7. DOI: 10.3171/FOC/2008/24/2/E7. PMID: 18275303.
10. Wanibuchi M., Akiyama Y., Mikami T. et al. Radical removal of recurrent malignant meningioma tumors of the cavernous sinus in combination with high-flow bypass. *World Neurosurg* 2015;83(4):424–30. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.01.019. PMID: 25655689.
11. Pancucci G., Potts M. B., Rodríguez-Hernández A. et al. Rescue bypass for revascularization after ischemic complications in the treatment of giant or complex intracranial aneurysms. *World Neurosurg* 2015;83(6):912–20. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.02.001. PMID: 25700972.
12. Крылов В. В., Нахабин О. Ю., Полунина Н. А. и др. Первый опыт выполнения широкопросветных экстраинтракраниальных анастомозов для лечения больных с гигантскими аневризмами внутренней сонной артерии. *Нейрохирургия* 2013;(2):25–39. [Krylov V. V., Nakhabin O. Yu., Polunina N. A. et al. First experience of high-flow extra-intracranial bypasses for treatment of patient with giant aneurysms of internal carotid artery. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2013;(2):25–39. (In Russ.)].
13. Крылов В. В., Нахабин О. Ю., Лукьянчиков В. А. и др. Успешное наложение экстренного широкопросветного экстра-интракраниального анастомоза у больной с гигантской аневризмой офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова* 2011;3(4):44–51. [Krylov V. V., Nakhabin O. Yu., Lukyanchikov V. A. et al. Successful performance of urgent extracranial-intracranial high-flow bypass in a patient with giant aneurysm of ophthalmic segment of internal carotid artery. *Rossiyskiy neurokhirurgicheskiy zhurnal im. prof. A. L. Polenova = Russian Neurosurgical Journal n. a. prof. A. L. Polenov* 2011;3(4):44–51. (In Russ.)].
14. Дубовой А. В., Овсянников К. С., Гужин В. Э. и др. Использование метода обходного высокопоточного экстраинтракраниального артериального шунтирования при патологии церебральных и брахиоцефальных артерий: технические особенности и результаты операций. *Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко»* 2017;81(2):5–21. [Dubovoy A. V., Ovsyannikov K. S., Guzhin V. E. et al. The use of high-flow extracranial-intracranial artery bypass in pathology of the cerebral and brachiocephalic arteries: technical features and surgical outcomes. *Zhurnal "Voprosy neurokhirurgii im. N. N. Burdenko" = Problems of Neurosurgery n. a. N. N. Burdenko* 2017;81(2):5–21. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/neiro20178125-21.

15. Nossek E., Costantino P.D., Eisenberg M. et al. Internal maxillary artery-middle cerebral artery bypass: Infratemporal approach for subcranial-intracranial (SC-IC) bypass. *Neurosurgery* 2014;75(1):87–95. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000340. PMID: 24618804. PMID: PMC4053591.
16. Yu Z., Shi X., Qian H. et al. Internal maxillary artery to intracranial artery bypass: a case series of 31 patients with chronic internal carotid/middle cerebral arterial-sclerotic steno-occlusive disease. *Neurol Res* 2016;38(5):420–8. DOI: 10.1080/01616412.2016.1177931. PMID: 27122096.
17. Eller J.L., Sasaki-Adams D., Sweeney J.M., Abdulrauf S.I. Localization of the internal maxillary artery for extracranial-to-intracranial bypass through the middle cranial fossa: a cadaveric study. *J Neurol Surg B Skull Base* 2012;73(1):48–53. DOI: 10.1055/s-0032-1304556. PMID: 23372995.
18. Akiyama O., Güngör A., Middlebrooks E. et al. Microsurgical anatomy of the maxillary artery for extracranial-intracranial bypass in the pterygopalatine segment of the maxillary artery. *Clin Anat* 2017; May 27. DOI: 10.1002/ca.22926. PMID: 28556192.
19. Alvernia J.E., Hidalgo J., Sindou M.P. et al. The maxillary artery and its variants: an anatomical study with neurosurgical applications. *Acta Neurochir (Wien)* 2017;159(4):655–64. DOI: 10.1007/s00701-017-3092-5. PMID: 28191601.
20. Pretterklieber M.L., Skopakoff C., Mayr R. The human maxillary artery reinvestigated: I. Topographical relations in the infratemporal fossa. *Acta Anat (Basel)* 1991;142(4):281–7. DOI: 10.1159/000147203. PMID: 1801518.
21. Hussain A., Binahmed A., Karim A., Sándor G.K. Relationship of the maxillary artery and lateral pterygoid muscle in a caucasian sample. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105(1):32–6. DOI: 10.1016/j.tripleo.2007.04.010. PMID: 17764991.
22. Sashi R., Tomura N., Hashimoto M. et al. Angiographic anatomy of the first and second segments of the maxillary artery. *Radiat Med* 1996;14(3):133–8. PMID: 8827807.
23. Tanoue S., Kiyosue H., Mori H. et al. Maxillary artery: functional and imaging anatomy for safe and effective transcatheter treatment. *Radiographics* 2013;33(7):e209–224. DOI: 10.1148/rg.337125173. PMID: 24224604.
24. Allen W.E., Kier E.L., Rothman S.L.G. The maxillary artery in craniofacial pathology. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1974;121(1):124–38. PMID: 4833900.
25. Yağmurlu K., Kalani M.Y.S., Martirosyan N.L. et al. Maxillary artery to middle cerebral artery bypass: a novel technique for exposure of the maxillary artery. *World Neurosurg* 2017;100:540–50. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.12.130. PMID: 28089839.
26. Vrionis F.D., Cano W.G., Heilman C.B. Microsurgical anatomy of the infratemporal fossa as viewed laterally and superiorly. *Neurosurgery* 1996;39(4):777–85. PMID: 8880773.
27. Abdulrauf S.I., Sweeney J.M., Mohan Y.S., Palejwala S.K. Short segment internal maxillary artery to middle cerebral artery bypass: A novel technique for extracranial-to-intracranial bypass. *Neurosurgery* 2011;68(3):804–8. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182093355. PMID: 21206302.
28. Feng X., Lawton M.T., Rincon-Torroella J. et al. The lateral triangle of the middle fossa. *Neurosurgery* 2015;12(2):106–11. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001099.
29. Wang L., Shi X., Qian H. Is internal maxillary artery bypass feasible without zygomatic osteotomy? *World Neurosurg* 2017;104:1004. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.01.134. PMID: 28732408.
30. Mabuchi S., Kamiyama H., Abe H. Distal ligation and revascularization from external carotid to vertebral artery with radial artery graft for treatment of extracranial vertebral artery dissection. Report of a case. *Acta Neurochir (Wien)* 1993;125(1–4):192–5. PMID: 8122550.
31. Houkin K., Kamiyama H., Kuroda S. et al. Long-term patency of radial artery graft bypass for reconstruction of the internal carotid artery. Technical note. *J Neurosurg* 1999;90(4):786–90. DOI: 10.3171/jns.1999.90.4.0786. PMID: 10193628.
32. Regli L., Piepgras D.G., Hansen K.K. Late patency of long saphenous vein bypass grafts to the anterior and posterior cerebral circulation. *J Neurosurg* 1995;83(5):806–11. DOI: 10.3171/jns.1995.83.5.0806. PMID: 7472547.
33. Sekhar L.N., Kalavakonda C. Cerebral revascularization for aneurysms and tumors. *Neurosurgery* 2002;50(2):321–31. DOI: 10.1097/00006123-200202000-00014.
34. Nossek E., Costantino P.D., Chalif D.J. et al. Forearm cephalic vein graft for short, “middle”-flow, internal maxillary artery to middle cerebral artery bypass. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2016;12(2):99–105. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001027. PMID: 29506087.

### Вклад авторов

А.В. Дубовой: разработка дизайна исследования, выполнение операций, анализ результатов, научное редактирование текста статьи;

Д.М. Галактионов: обзор публикаций по теме статьи, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи;

О.Ю. Нахабин: получение данных для анализа, анализ полученных данных, научное редактирование текста статьи;

К.С. Овсянников: получение данных для анализа, анализ полученных данных, научное редактирование текста статьи.

### Authors' contributions

A.V. Dubovoy: developing the research design, performing surgical operations, analysis of the obtained data, article scientific editing;

D.M. Galaktionov: reviewing of publications of the article's theme, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;

O.Yu. Nakhabin: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article scientific editing;

K.S. Ovsyannikov: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article scientific editing.

**ORCID авторов**

А.В. Дубовой: <https://orcid.org/0000-0002-0927-2841>

Д.М. Галактионов: <https://orcid.org/0000-0002-0074-4144>

О.Ю. Нахабин: <https://orcid.org/0000-0002-4564-3478>

К.С. Овсянников: <https://orcid.org/0000-0002-4062-4593>

**ORCID of authors**

A.V. Dubovoy: <https://orcid.org/0000-0002-0927-2841>

D.M. Galaktionov: <https://orcid.org/0000-0002-0074-4144>

O.Yu. Nakhabin: <https://orcid.org/0000-0002-4564-3478>

K.S. Ovsyannikov: <https://orcid.org/0000-0002-4062-4593>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Informed consent.** All patients gave written informed consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 22.09.2017. **Принята к публикации:** 15.01.2018.

**Article received:** 22.09.2017. **Accepted for publication:** 15.01.2018.