

EDN: IFVJL

УДК (616.8-089)

DOI: 10.56618/2071-2693\_2024\_16\_2\_193



## СЛУЧАЙ УСПЕШНОГО ЛЕЧЕНИЯ КРУПНОЙ АНЕВРИЗМЫ КАВЕРНОЗНОГО СЕГМЕНТА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТОК-ОТКЛОНЯЮЩЕГО СТЕНТА

**Егор Геннадьевич Коломин<sup>1</sup>**

✉neurokolomin@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-3904-2393, SPIN-код: 6308-2527

**Лариса Витальевна Рожченко<sup>1</sup>**

rozhch@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0974-460X, SPIN-код: 6729-0652

**Василий Витальевич Бобин<sup>1</sup>**

neuro.bobinov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-0956-6994, SPIN-код: 3525-8479

**Андрей Евгеньевич Петров<sup>1</sup>**

doctorpetrovandrey@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3112-6584, SPIN-код: 7048-2180

**Сергей Анатольевич Горощенко<sup>1</sup>**

goroschenkos@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7297-3213, SPIN-код: 8164-3865

**Аркадий Александрович Иванов<sup>1</sup>**

arkady.neuro@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0065-0391, SPIN-код: 1801-6558

**Константин Александрович Самочерных<sup>1</sup>**

neurobaby12@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5295-4912, SPIN-код: 4188-9657

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 197341)

### Резюме

Аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии (ВСА) являются редкой патологией. Ввиду глубинной локализации в анатомически сложной области, данные аневризмы труднодоступны для открытого микрохирургического лечения. В связи с развитием внутрисосудистых методов лечения, в том числе появлением поток-отклоняющих стентов, появились новые возможности в лечении данной патологии с реконструкцией пораженного сегмента.

**Цель исследования** – описать случай успешного лечения крупной аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии со значимым постаневризматическим стенозом с использованием поток-отклоняющего стента и последующей баллонной ангиопластики.

Имплантиция поток-отклоняющего стента является эффективным методом лечения крупных и гигантских аневризм кавернозного сегмента внутренней сонной артерии. За счет эффекта перенаправления потока данный метод лечения позволяет выключить аневризму из кровотока со снижением ее объемного воздействия на окружающие структуры, обеспечивая в отдаленном послеоперационном периоде восстановление функций глазодвигательных нервов в подавляющем числе наблюдений.

**Ключевые слова:** аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии, эндоваскулярное лечение, поток-отклоняющий стент

**Для цитирования:** Коломин Е. Г., Рожченко Л. В., Бобин В. В., Петров А. Е., Горощенко С. А., Иванов А. А., Самочерных К. А. Случай успешного лечения крупной аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии с использованием поток-отклоняющего стента // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 2. С. 193–203. DOI: 10.56618/2071-2693\_2024\_16\_2\_193.

### CASE OF SUCCESSFUL TREATMENT OF A LARGE ANEURYSM OF THE CAVERNOUS SEGMENT OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY WITH USAGE OF FLOW-DIVERTER STENT

**Egor G. Kolomin<sup>1</sup>**

✉neurokolomin@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-3904-2393, SPIN-code: 6308-2527

**Larisa V. Rozhchenko<sup>1</sup>**

rozhch@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0974-460X, SPIN-code: 6729-0652

Vasiliy V. Bobinov<sup>1</sup>

nevro.bobinov@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-0956-6994, SPIN-code: 3525-8479

Andrey Evgenyevich Petrov<sup>1</sup>

doctorpetrovandrey@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3112-6584, SPIN-code: 7048-2180

Sergey A. Goroshchenko<sup>1</sup>

goroshchenkos@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7297-3213, SPIN-code: 8164-3865

Arkady A. Ivanov<sup>1</sup>

arkady.neuro@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0065-0391, SPIN-код: 1801-6558

Konstantin A. Samochernykh<sup>1</sup>

neurobaby12@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5295-4912, SPIN-code: 4188-9657

<sup>1</sup> V. A. Almazov National Medical Research Center (2 Akkuratova street, St. Petersburg, Russian Federation, 197341)

## Abstract

Aneurysms of the cavernous segment of the internal carotid artery (ICA) are a rare pathology. Due to their deep localization in an anatomically complex region, these aneurysms are difficult to access for open microsurgical treatment. Due to the development of intravascular methods of treatment, including the appearance of flow-diverter stents, new opportunities in the treatment of this pathology with reconstruction of the affected segment have appeared.

**Aim** – to describe a case of successful treatment of a large aneurysm of the cavernous segment of the internal carotid artery with significant postaneurysmal stenosis using a flow-diverter stent followed by balloon angioplasty.

Flow-diverter stents is an effective method of treatment of large and giant aneurysms of the cavernous segment of the internal carotid artery. Due to the flow diversion effect, this modality of treatment allows to disconnect the aneurysm from the blood flow with a decrease in its mass effect on the surrounding structures, providing in the remote period the restoration of the function of the oculomotor nerves in the overwhelming number of cases.

**Keywords:** aneurysms of the cavernous segment of the internal carotid artery, endovascular treatment, flow-diverter stent

**For citation:** Kolomin E. G., Rozhchenko L. V., Bobinov V. V., Petrov A. E., Goroshchenko S. A., Ivanov A. A., Samochernykh K. A. Case of successful treatment of a large aneurysm of the cavernous segment of the internal carotid artery with usage of flow-diverter stent. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov*. 2024;XVI(2):193–203. DOI: 10.56618/2071–2693\_2024\_16\_2\_193.

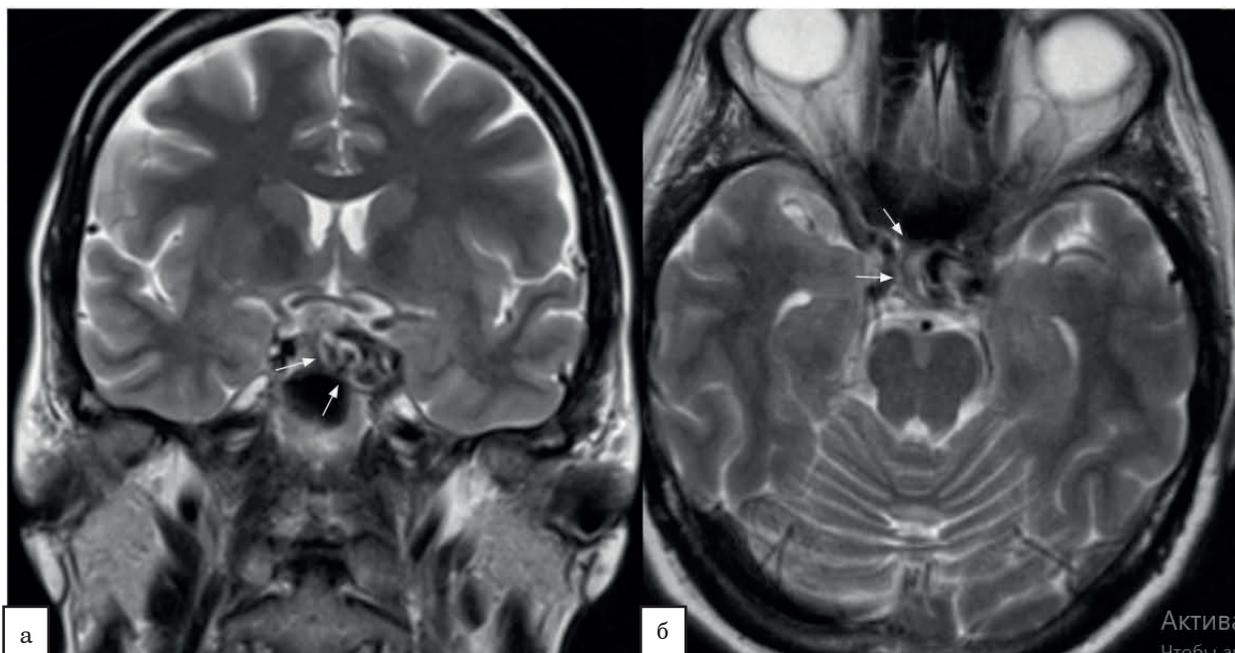
## Введение

Аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии (ВСА) являются достаточно редкой патологией. Благодаря их экстрадуральной локализации, клиническое течение данных аневризм значительно отличается от клинического течения церебральных аневризм, расположенных интрадурально, и они крайне редко могут стать причиной внутримозгового кровоизлияния [1]. Однако при достижении крупных и гигантских размеров, с распространением купола аневризмы в субарахноидальное пространство (САП) данные риски значительно возрастают. На данный момент нет единых стандартизированных подходов к лечению аневризм данной локализации. Из-за анатомических особенностей открытое оперативное лечение на аневризмах кавернозного сегмента ВСА, хоть и является эффективным методом выключения аневризм из кровотока, имеет крайне высокие риски как интраоперационных, так и послеоперационных ос-

ложнений [2, 3]. Развитие и внедрение в клиническую практику эндоваскулярных методик позволило существенно повысить эффективность и безопасность лечения этой группы пациентов. Современные эндоваскулярные подходы включают в себя окклюзию аневризм спиралями, в том числе со стент- и баллон-ассистенцией, а также реконструкцию пораженной артерии с помощью имплантации поток-отклоняющего стента. В редких случаях применяют треппинг несущей артерии с помощью спиралей и жидких эмболизирующих материалов. Представленное клиническое наблюдение посвящено демонстрации эффективности эндоваскулярного реконструктивного лечения пациента с аневризмой кавернозного сегмента ВСА путем имплантации поток-отклоняющего стента.

## Клиническое наблюдение

Пациентка, 54 лет, поступила в Российский научно-исследовательский нейрохирургиче-



**Рис. 1.** МРТ головного мозга: а – коронарная проекция; б – аксиальная проекция. Отмечается частично тромбированная крупная аневризма кавернозного сегмента левой внутренней сонной артерии с распространением купола аневризмы в противоположный кавернозный синус, хиазмально-селлярную область (стрелками указана локализация купола аневризмы)

**Fig. 1.** MRI of the brain: a – coronal projection; б – axial projection. A partially thrombosed large aneurysm of the cavernous segment of the left internal carotid artery with spread of the aneurysm dome into the opposite cavernous sinus, chiasmatic-sellar region (arrows indicate localization of the aneurysm dome)

ский институт имени профессора А. Л. Поленова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» в плановом порядке с жалобами на выраженную головную боль, двоение предметов перед глазами со смещением их в горизонтальной плоскости. Жалобы появились в апреле 2023 г., сохранялись в течение 2 недель с последующим полным регрессом. Через 2 месяца выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга, где заподозрена крупная, частично тромбированная аневризма кавернозного сегмента левой ВСА (рис. 1).

При поступлении в Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» очаговая и менингеальная неврологическая симптоматика отсутствовала. По данным осмотра офтальмолога, острота зрения не на-

рушена, признаков недостаточности глазодвигательных нервов, объемного воздействия на зрительные нервы не выявлено. В ходе предоперационной подготовки выполнены селективная церебральная ангиография, МРТ головного мозга, при которых выявлена крупная, частично тромбированная аневризма кавернозного сегмента левой ВСА, размерами до 21 мм, с заполняющейся частью 12×10 мм, с признаками постаневризматического сужения ВСА до 1,1 мм. Купол аневризмы направлен медиально с распространением в противоположный кавернозный синус и хиазмально-селлярную область (рис. 2).

Показаниями к оперативному лечению аневризмы являлись ее крупный размер, а также распространение купола в хиазмально-селлярную область, что, в случае ее разрыва, могло привести к внутримозговому кровоизлиянию.

Локализация аневризмы в кавернозном сегменте исключала микрохирургическую реконструктивную операцию, принято решение о применении эндоваскулярного подхода.



**Рис. 2.** Селективная церебральная левосторонняя ангиография с реконструкцией: а – прямая проекция; б, в – 3D-реконструкция левосторонней ангиографии. Отмечается распространение аневризмы в хиазмально-селлярную область (б), формирование постаневризматического сужения (в)

**Fig. 2.** Selective cerebral left-sided angiography with reconstruction: a – direct projection; б, в – 3D reconstruction of left-sided angiography. Aneurysm spread to the chiasmal-sellar region (б), formation of postaneurysmal stenosis (в) is noted

Установленное наличие тромботических масс в мешке аневризмы могло способствовать формированию рецидива аневризмы при ее окклюзии отделяемыми спиралями за счет их компарментализации и смещения в сторону купола под действием гемодинамического удара, а также значимого увеличения размеров аневризмы, что характеризовало данную методику как неэффективную. Кроме того, плотная упаковка аневризматического мешка, в том числе с использованием ассистирующих методик (баллон, стент), могла привести к нарастанию объемного воздействия аневризмы на хиазму и зрительные нервы и, как следствие, к развитию стойкого неврологического дефицита в послеоперационном периоде. Исходя из вышесказанного, было принято решение о выполнении имплантации поток-отклоняющего стента.

В рамках предоперационной подготовки к имплантации интракраниального стента пациентке была определена базовая оценка функциональной активности тромбоцитов (по методике оценки светопропускания через обогащенную тромбоцитами плазму (LTA)), которая составила 78 %, и за 7 дней до планируемого оперативного вмешательства назначена двойная дезагрегантная терапия (Клопидогрель 75 мг/сут. и ацетилсалициловая кислота 100 мг 1 р./сут.). За день до операции про-

веден контроль функциональной активности тромбоцитов по двум методикам: по методике оценки светопропускания через обогащенную тромбоцитами плазму (LTA) – 48 %, при помощи системы VerifyNow – 139. Данные показатели были расценены как недостаточное снижение функциональной активности тромбоцитов для установки стента и высокий риск его тромбоза, в связи с чем была выполнена замена схемы дезагрегантной терапии на Тикагремор (Брилинта) 90 мг 2 р./сут. и ацетилсалициловую кислоту 100 мг 1 р./сут. В день оперативного вмешательства выполнен повторный контроль функциональной активности тромбоцитов, который составил по методике LTA 22,1 %, по методу VerifyNow – 29.

Оперативное вмешательство проводилось под общей анестезией. Использован стандартный трансфеморальный доступ, установлен интродьюсер Super Sheath 7F. Катетер для дистального доступа Envoy DA 6F установлен в каменистый сегмент левой ВСА. Микрокатетер Excelsior XT-27 с помощью микропроводника Asahi Chikai заведен в M2-сегмент левой СМА. Выполнена имплантация поток-отклоняющего стента Derivo 3,5×20 мм с полным перекрытием шейки аневризмы. Выполнена контрольная ангиография. Отмечается выраженная стагнация контраста в мешке аневризмы, что соответствует классу 4А по классифика-



**Рис. 3.** Селективная церебральная левосторонняя ангиография: а, в – ангиографии в прямой и боковой проекциях; б, г – снимок в режиме «Single shot». Выполнена имплантация поток-отклоняющего стента Derivo; отмечается остаточное постаневризматическое сужение (в, г) (отмечено стрелкой)

**Fig. 3.** Selective cerebral left-sided angiography: а, в – angiography in straight and lateral projection; б, г – “Single shot” image. Derivo flow-diverter stent implantation was performed; residual postaneurysmal stenosis is noted (в, г) (marked with an arrow)

ции Cekirge – Saatci и указывает на достижение первичной реконструкции пораженного сегмента. Однако обращает на себя внимание сохранение зоны стеноза несущей артерии дистальнее аневризмы до 1,1 мм. Этот стеноз артерии расценен как фактор высокого риска развития ишемического события в послеоперационном периоде, в связи с чем требовал хирургической коррекции (рис. 3).

Принято решение о выполнении баллонной ангиопластики. Баллон-катетер для интракраниальных стенозов заведен на уровень стено-

за. На фоне однократного раздутия отмечается ремоделирование участка артерии с частичным восстановлением просвета до 2,8 мм. При контрольной ангиографии положение стента оптимальное, прилегание стента к стенке артерии удовлетворительное (рис. 4).

На этом принято решение оперативное лечение завершить. В раннем послеоперационном периоде – без нарастания очаговой, менингеальной симптоматики. По данным магнитно-резонансной томографии головного мозга на 1-е сутки после операции, отмечается



**Рис. 4.** Баллонная ангиопластика постаневризматического стеноза: а, б – прямая, боковая проекции в режиме «Single shot»; в – 3D-реконструкция в режиме «StentCT». Баллонная ангиопластика постаневризматического стеноза (а, б) с достижением удовлетворительного ремоделирования несущей артерии, оптимальным раскрытием стента (в)

**Fig. 4.** Balloon angioplasty of postaneurysmal stenosis а, б) with achievement of satisfactory remodeling of the parent artery, with optimal stent opening (в)

уменьшение заполняющейся части аневризмы с увеличением ее тромбированной части. На 2-е сутки после оперативного лечения пациентка в стабильном, компенсированном состоянии выписана на амбулаторное лечение по месту жительства.

### Обсуждение

Аневризмы кавернозного сегмента внутренней сонной артерии являются достаточно редкой патологией и составляют от 3 до 5 % от всех церебральных аневризм [1]. Естественное течение этих аневризм, при малом и обычном их размере, является достаточно благоприятным: в большинстве случаев они являются асимптомными и имеют крайне низкие риски разрыва [4]. Симптомные аневризмы и аневризмы, достигшие крупных и гигантских размеров, обычно проявляют себя объемным воздействием на окружающие структуры [5, 6]. Наиболее частыми симптомами аневризм кавернозного сегмента являются развитие диплопии (65 %), а также боль и (или) онемение в лице со стороны аневризмы (59 %) вследствие их объемного воздействия на глазодвигательные нервы (чаще все три) и ветви тройничного нерва, проходящие в кавернозном синусе [7]. В редких случаях такие аневризмы могут воздействовать на зрительные нервы или хиазму с развитием зрительных нарушений [8]. Несмотря на более низкие риски разрыва аневризм кавернозного сегмента ВСА по сравнению с церебральными аневризмами других локализаций, при увеличении их размеров риски геморрагического течения так же увеличиваются. Так, по данным исследования ISUIA, при средней продолжительности наблюдения 4,1 года разрывов аневризм кавернозного сегмента внутренней сонной артерии размером менее 13 мм не наблюдалось вовсе. Однако при достижении аневризмами крупных (13–24 мм) и гигантских ( $\geq 25$  мм) размеров ежегодный риск разрыва составлял 0,6 и 1,28 % соответственно [9].

Чаще разрыв аневризм кавернозного сегмента ВСА приводит к формированию прямого каротидно-кавернозного соустья с развитием характерной триады симптомов – хемоз, пульсирующий экзофтальм, систолический (грубый) шум в периорбитальной области. Также

при разрыве данных аневризм описаны случаи развития субарахноидального кровоизлияния (САК) в результате перегрузки венозной системы, сопровождающееся ретроградным дренированием в кортикальные вены [10]. Кроме того, в редких случаях при локализации крупных аневризм в переднем отделе сифона ВСА, расположенных экстрадурально в сонной борозде клиновидной кости, описаны случаи их разрыва непосредственно в клиновидную пазуху с развитием фатального профузного носового кровотечения [10].

Частота развития САК при разрыве аневризм кавернозного сегмента ВСА значимо варьирует в различных источниках и, по некоторым данным, может достигать 16 % [12, 13]. Помимо вышеуказанных причин, возможными причинами САК при разрыве аневризм данной локализации могут являться распространение купола аневризмы непосредственно в субарахноидальное пространство (САП), а также разрушение стенки кавернозного синуса и турецкого седла с формированием непосредственного сообщения между кавернозным синусом и САП. Также, согласно данным Linskey et al., аневризмы кавернозного сегмента, выходящие за пределы дурального кольца, имеют более высокие риски вызвать САК в случае разрыва, по сравнению с аневризмами кавернозного сегмента ВСА других отделов [14].

Естественное течение симптомных аневризм кавернозного сегмента достаточно вариабельно [14]. Симптоматика, вызванная объемным воздействием аневризм, может как прогрессировать, так и исчезнуть вовсе [14, 15]. Так, по данным исследования H. Stiebel-Kalish et al., включавшего в себя 125 пациентов с неоперированными аневризмами кавернозного сегмента ВСА, проявившими себя болью или диплопией, спонтанный полный или частичный регресс симптоматики наблюдался в 56 % случаев [7]. Кроме того, стоит отметить, что спонтанное тромбирование гигантских аневризм внутренней сонной артерии не является редкостью и наблюдается в 13–22 % случаев [16–18]. Однако в ряде случаев спонтанное тромбирование таких аневризм может сопровождаться одномоментным тромбированием несущей артерии [19].

Учитывая достаточно благоприятное течение, показаниями для оперативного лечения аневризм кавернозного сегмента ВСА могут являться симптомное течение данных аневризм, распространение купола аневризмы в САП и клиновидную пазуху, с высокими рисками жизнеугрожающего кровотечения (САК, профузное носовое кровотечение), а также увеличение аневризмы по данным исследований в динамике [1, 13].

На данный момент нет единых стандартизированных подходов к лечению аневризм кавернозного сегмента ВСА.

Среди открытых оперативных вмешательств вариантами лечения могут являться прямое микрохирургическое клипирование, а также деконструктивные вмешательства с последующей реваскуляризацией либо без нее (в зависимости от результатов баллонной тест-окклюзии). Прямое микрохирургическое клипирование аневризм кавернозного сегмента ВСА, из-за глубинной локализации, сложного анатомического строения данной области, является достаточно трудной задачей и имеет высокие риски как интраоперационных, так и послеоперационных осложнений с послеоперационной заболеваемостью и смертностью, достигающей 25 % [2, 3, 20, 21]. Так, по данным Sriamornrattanakul et al., при создании прямого хирургического коридора для клипирования аневризм кавернозного сегмента ВСА практически невозможно избежать манипуляционной травмы черепно-мозговых нервов, что в большинстве случаев приводит к нарастанию неврологического дефицита в послеоперационном периоде. Кроме того, для сложного клипирования этих аневризм в большинстве случаев требуется длительная временная остановка кровотока, что также повышает риски развития тяжелых ишемических нарушений после операции [1].

Деконструктивные открытые операции с или без последующей реваскуляризации (в зависимости от результатов баллонной тест-окклюзии) по поводу аневризм кавернозного сегмента ВСА показали свою большую эффективность и меньшие риски осложнений, по сравнению с прямым клипированием аневризм [22, 23]. Перед деконструктивными вме-

шательствами (как открытыми, так и эндоваскулярными) для оценки достаточности коллатерального кровотока пациентам проводится баллонная тест-окклюзия (БТО), по результатам которой (при нарастании очаговой неврологической симптоматики) определяют необходимость в наложении анастомоза [24]. По данным Little et al., после открытых деконструктивных вмешательств по поводу аневризм кавернозного сегмента ВСА ипсилатеральные ишемические нарушения наблюдались в 13 % случаев, а ретроградное заполнение аневризмы – в 19,5 % наблюдений [25]. По данным Shimizu et al., частота ишемических событий после таких операций составила 16,7 %. При этом тотальное выключение аневризм из кровотока наблюдалось во всех наблюдениях [26].

Среди эндоваскулярных методов лечения одними из самых распространенных являются окклюзия аневризм отделяемыми спиралями и деконструктивные вмешательства с проведением предварительной баллонной тест-окклюзии [27].

Окклюзия аневризм кавернозного сегмента ВСА отделяемыми спиралями является эффективным методом лечения и в большинстве случаев сопровождается облегчением симптомов объемного воздействия, вызванных аневризмой. Так, по данным систематического обзора I. van der Schaaf et al., в который были включены 69 пациентов с симптомными аневризмами кавернозного сегмента ВСА, в 80 % случаев было достигнуто тотальное-субтотальное выключение аневризмы из кровотока (>90 %), а частичный или полный регресс симптоматики наблюдался в 96 % случаев, что обычно связывают с уменьшением пульсационного воздействия аневризмы [27, 28]. Однако тотальная и (или) частичная окклюзия с плотной упаковкой отделяемыми спиралями в ряде случаев может привести к нарастанию объемного воздействия аневризмы и, как следствие, к развитию стойкого неврологического дефицита в послеоперационном периоде [27].

Эндоваскулярные деконструктивные операции показали себя как чрезвычайно эффективный и безопасный метод лечения аневризм кавернозного сегмента ВСА. Так, по данным исследования W. Van Rooij et al., среди 55 паци-

ентов с аневризмами кавернозного сегмента ВСА (средний размер аневризм – 18 мм), которым была проведена деконструктивная эндovasкулярная операция (в том числе в 5 случаях комбинированного лечения с наложением анастомоза в связи с отрицательным результатом БТО), частота тотального выключения аневризм из кровотока составила 100 %, летальность – 0 %, заболеваемость – 2 %, а улучшение симптомов, связанных с функцией черепно-мозговых нервов, наблюдалось в 92 % случаев [24].

Использование техники ремоделирования несущего сосуда с использованием поток-отклоняющих стентов является революционным шагом в лечении аневризм сложной конфигурации, в том числе аневризм кавернозного сегмента ВСА. Механизм действия данного устройства заключается в перенаправлении потока крови в несущий сосуд, что замедляет кровотоки между сосудом и аневризмой, создавая условия для тромбирования полости аневризмы и способствуя эндотелизации ее шейки [29–31].

Изначально показаниями для использования поток-отклоняющих стентов являлись большие и гигантские аневризмы с широкой шейкой, в том числе расположенные в кавернозном или супраклиноидных отделах ВСА [29].

Исследование PUFs (2013–2017), основной задачей которого было оценить безопасность и эффективность использования поток-отклоняющих стентов в лечении сложных аневризм ВСА, доказало эффективность такого метода лечения с высокой частотой тотальной окклюзии аневризм и низким риском развития неблагоприятных исходов. К 1-му году наблюдения тотальное выключение аневризм было достигнуто у 86,8 % пациентов, к 5-му году наблюдения частота тотальной окклюзии аневризм составила 95,2 % [32–34]. Схожие результаты были получены в исследовании P. K. Nelson et al., где тотальность выключения аневризм из кровотока после имплантации поток-отклоняющего стента приближалась к 100 %, а показатели заболеваемости и смертности были крайне низкими и составляли 2,3 и 0,44 % соответственно [35].

Несмотря на вышеперечисленные преимущества поток-отклоняющих стентов, радиальная сила раскрытия плетеных стентов, к которым также относятся поток-отклоняющие стенты, в разы меньше, чем у стентов, изготовленных по технологии лазерной резки, и в ряде случаев ее недостаточно для раскрытия интракраниальных стенозов. Сохранение зоны стенозирования несущего сосуда после имплантации поток-отклоняющего стента является достаточно грозным предиктором ишемических осложнений в отдаленном периоде [36]. Хорошо известным методом коррекции «in-stent»-стенозов является баллонная ангиопластика. В большинстве случаев использование комбинированных баллонов позволяет ремоделировать пораженный участок сосуда с полным восстановлением его проходимости, а также добиться адекватного прилегания стента к стенке несущей артерии. Несмотря на это, при проведении баллонной ангиопластики церебральных артерий существуют риски развития тяжелых осложнений, таких как диссекция несущей артерии, а также миграция стента, которые могут значительно повлиять на результаты лечения пациента [37].

Все описанные преимущества поток-отклоняющих стентов стали определяющими в выборе данной тактики у нашей пациентки.

## Заключение

Имплантация поток-отклоняющего стента является методом выбора при лечении крупных и гигантских аневризм кавернозного сегмента внутренней сонной артерии. Данный метод позволяет достичь реконструкции пораженного сегмента и выключения аневризмы из кровотока. За счет отсроченного снижения давления в мешке аневризмы и пульсационного воздействия на окружающие структуры обеспечивается внутренняя декомпрессия с уменьшением объемного воздействия аневризмы на прилежащие структуры, обеспечивая в отдаленном послеоперационном периоде восстановление функций глазодвигательных нервов в подавляющем числе наблюдений.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

### Литература / References

1. *Sriamornrattanakul K., Sakarunchai I., Yamashiro K., Yamada Y., Suyama D., Kawase T., Kato Y.* Surgical treatment of large and giant cavernous carotid aneurysms. *Asian J Neurosurg.* 2017;12(3):382–388. Doi: 10.4103/1793-5482.180930.
2. *Sekhar L. N., Burgess J., Akin O.* Anatomical study of the cavernous sinus emphasizing operative approaches and related vascular and neural reconstruction. *Neurosurgery.* 1987;21(6):806–816. Doi: 10.1227/00006123-198712000-00005.
3. *Dolenc V. V.* A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysms. *J Neurosurg.* 1985;62(5):667–672. Doi: 10.3171/jns.1985.62.5.0667.
4. *Kupersmith M. J., Hurst R., Berenstein A., Choi I. S., Jafar J., Ransohoff J.* The benign course of cavernous carotid artery aneurysms. *J Neurosurg.* 1992;77(5):690–693. Doi: 10.3171/jns.1992.77.5.0690.
5. *Sriamornrattanakul K., Sakarunchai I., Yamashiro K., Yamada Y., Suyama D., Kawase T., Kato Y.* Surgical treatment of large and giant cavernous carotid aneurysms. *Asian J Neurosurg.* 2017;12(3):382–388. Doi: 10.4103/1793-5482.180930.
6. *Mikabe T., Ogihara R., Tomita S., Kin H., Karasawa H., Watanabe S., Aiba T.* [Giant intracranial aneurysm visualized by prolonged injection angiography--case report (author's transl)]. *No Shinkei Geka.* 1980;8(8):749–753. PMID: 7422064.
7. *Stiebel-Kalish H., Kalish Y., Bar-On R. H., Setton A., Niimi Y., Berenstein A., Kupersmith M. J.* Presentation, natural history, and management of carotid cavernous aneurysms. *Neurosurgery.* 2005;57(5):850–857; discussion: 850–857. Doi: 10.1227/01.neu.0000179922.48165.42.
8. *Silva M. N., Saeki N., Hirai S., Yamaura A.* Unusual cranial nerve palsy caused by cavernous sinus aneurysms. Clinical and anatomical considerations reviewed. *Surg Neurol.* 1999;52(2):143–148; discussion: 148–149. Doi: 10.1016/s0090-3019(97)00443-6.
9. *Wiebers D. O., Whisnant J. P., Huston J. 3rd, Meissner I., Brown R. D. Jr., Piepgras D. G., Forbes G. S., Thielen K., Nichols D., O'Fallon W. M., Peacock J., Jaeger L., Kassell N. F., Kongable-Beckman G. L., Torner J. C.* International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet.* 2003; 12;362(9378):103–110. Doi: 10.1016/s0140-6736(03)13860-3.
10. *Hasegawa H., Inoue T., Tamura A., Saito I.* Urgent treatment of severe symptomatic direct carotid cavernous fistula caused by ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm using high-flow bypass, proximal ligation, and direct distal clipping: Technical case report. *Surg Neurol Int.* 2014;15(5):49. Doi: 10.4103/2152-7806.130772.
11. *Inoue T., Rhoton A. L. Jr., Theele D., Barry M. E.* Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. *Neurosurgery.* 1990;26(6):903–932. Doi: 10.1097/00006123-199006000-00001.
12. *Diaz F. G., Ohaegbulam S., Dujovny M., Ausman J. I.* Surgical alternatives in the treatment of cavernous sinus aneurysms. *J Neurosurg.* 1989;71(6):846–853. Doi: 10.3171/jns.1989.71.6.0846. PMID: 2585076.
13. *Linskey M. E., Sekhar L. N., Horton J. A., Hirsch W. L. Jr., Yonas H.* Aneurysms of the intracavernous carotid artery: a multidisciplinary approach to treatment. *J Neurosurg.* 1991;75(4):525–534. Doi: 10.3171/jns.1991.75.4.0525.
14. *Linskey M. E., Sekhar L. N., Horton J. A., Hirsch W. L. Jr., Yonas H.* Aneurysms of the intracavernous carotid artery: a multidisciplinary approach to treatment. *J Neurosurg.* 1991;75(4):525–534. Doi: 10.3171/jns.1991.75.4.0525.
15. *Kupersmith M. J., Hurst R., Berenstein A., Choi I. S., Jafar J., Ransohoff J.* The benign course of cavernous carotid artery aneurysms. *J Neurosurg.* 1992;77(5):690–693. Doi: 10.3171/jns.1992.77.5.0690.
16. *Whittle I. R., Williams D. B., Halmagyi G. M., Besser M.* Spontaneous thrombosis of a giant intracranial aneurysm and ipsilateral internal carotid artery. Case report. *J Neurosurg.* 1982;56(2):287–289. Doi: 10.3171/jns.1982.56.2.0287.
17. *Salih M., Young M., Shutran M., Taussky P., Ogilvy C. S.* Spontaneous Thrombosis of a Giant Cavernous Internal Carotid Artery Aneurysm and Parent Vessel Occlusion in a Patient With Bilateral Cavernous Internal Carotid Artery Aneurysms. *Cureus.* 2023;20(15(2)):e35231. Doi: 10.7759/cureus.35231.
18. *Abousedu Y. A. I., Saleem A., Alenezi S., Bosnjakovic P., Lazovic L., Alsheikh T. M.* Spontaneous thrombosis of a giant cavernous-carotid aneurysm with simultaneous ipsilateral complete parent artery occlusion: a rare phenomenon and review of the literature. *Arch Clin Cases.* 2023;20(10(1)):21–28. Doi: 10.22551/2023.38.1001.10234.
19. *Sastri S. B., Sadasiva N., Pandey P.* Giant cavernous carotid aneurysm with spontaneous ipsilateral ICA occlusion: Report of 2 cases and review of literature. *J Neurosci Rural Pract.* 2013;4(Suppl 1):S113–S116. Doi: 10.4103/0976-3147.116439.
20. *Wiebers D. O., Whisnant J. P., Huston J. 3rd, Meissner I., Brown R. D. Jr., Piepgras D. G., Forbes G. S., Thielen K., Nichols D., O'Fallon W. M., Peacock J., Jaeger L., Kassell N. F., Kongable-Beckman G. L., Torner J. C.* International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet.* 2003;12(362(9378)):103–110. Doi: 10.1016/s0140-6736(03)13860-3.
21. *Бобинов В. В., Рожченко Л. В., Горощенко С. А. и др.* Близжайшие и отдаленные результаты внутрисосудистой окклюзии церебральных аневризм отделяемыми спиралями // Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова. 2022. Т. 14, № 2. С. 29–36. [Bobinov V. V., Rozhchenko L. V., Goroshchenko S. A., Kolomin E. G., Petrov A. E. Immediate and long-term results of endovascular coiling of cerebral aneurysms. The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov. 2022;14(2):29–36. (In Russ.)].
22. *Sughrue M. E., Saloner D., Rayz V. L., Lawton M. T.* Giant intracranial aneurysms: evolution of management in a contemporary surgical series. *Neurosurgery.* 2011;69(6):1261–1270. Doi: 10.1227/NEU.0B013E31822BB8A6.
23. *Hasegawa H., Inoue T., Tamura A., Saito I.* Urgent treatment of severe symptomatic direct carotid cavernous fistula caused by ruptured cavernous internal carotid artery aneurysm using high-flow bypass, proximal

- ligation, and direct distal clipping: Technical case report. *Surg Neurol Int.* 2014;15(5(49)). Doi: 10.4103/2152-7806.130772.
24. *van Rooij W. J.* Endovascular treatment of cavernous sinus aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2012 ;33(2):323–326. Doi: 10.3174/ajnr.A2759.
  25. *Little J. R., Rosenfeld J. V., Awad I. A.* Internal carotid artery occlusion for cavernous segment aneurysm. *Neurosurgery.* 1989;25(3):398–404. Doi: 10.1097/00006123-198909000-00013.
  26. *Shimizu H., Matsumoto Y., Tominaga T.* Parent artery occlusion with bypass surgery for the treatment of internal carotid artery aneurysms: clinical and hemodynamic results. *Clin Neurol Neurosurg.* 2010;112(1):32–39. Doi: 10.1016/j.clineuro.2009.10.002.
  27. *van der Schaaf I., Algra A., Wermer M., Molyneux A., Clarke M., van Gijn J., Rinkel G.* Endovascular coiling versus neurosurgical clipping for patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005 19;(4):CD003085. Doi: 10.1002/14651858.CD003085.pub2.
  28. *Rodríguez-Catarino M., Frisén L., Wikholm G., Elfverson J., Quiding L., Svendsen P.* Internal carotid artery aneurysms, cranial nerve dysfunction and headache: the role of deformation and pulsation. *Neuroradiology.* 2003;45(4):236–240. Doi: 10.1007/s00234-002-0934-4.
  29. *Edwards L., Kota G., Morris P. P.* The sea anchor technique: a novel method to aid in stent-assisted embolization of giant cerebral aneurysms. *J Neurointerv Surg.* 2013;5(6):e39. Doi: 10.1136/neurintsurg-2012-010411.
  30. *Коломин Е. Г., Петров А. Е., Рожченко Л. В. и др.* Эндovasкулярное лечение аневризм верхней трети основной артерии // *Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова.* 2023. Т. 15, № 4. С. 68–80. [Kolomin E. G., Petrov A. E., Rozhchenko L. V., Goroshchenko S. A., Ivanov A. A., Bobinov V. V., Samochernykh K. A. Endovascular treatment of aneurysms of the upper third of the basilar artery. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A. L. Polenov.* 2023;15(4):68–80. (In Russ.)]. Doi: 10.56618/2071–2693\_2023\_15\_4\_6836.
  31. *Коломин Е. Г., Рожченко Л. В., Бобин В. В., Горощенко С. А. и др.* Первый случай успешного применения низкопрофильного потокперенаправляющего стента в лечении инфекционной церебральной аневризмы у пациентки с механическим клапаном сердца. Клиническое наблюдение и обзор литературы // *Артериальная гипертензия.* 2022. Т. 28, № 6. С. 718–727. [Kolomin E. G., Rozhchenko L. V., Bobinov V. V., Goroshchenko S. A., Petrov A. E., Frolova O. A., Samochernykh K. A. First case of successful usage of a low-profile flow-diverting stent for treatment of intracranial infectious aneurysm in patient with a mechanical heart valve. Clinical case and literature review. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension.* 2022;28(6):718–727. (In Russ.)]. Doi:10.18705/1607-419X-2022-28-6-718-727
  32. *Becks T., Kallmes D. F., Saatei I., McDougall C. G., Szikora I., Lanzino G., Moran C. J., Woo H. H., Lopes D. K., Berez A. L., Cher D. J., Siddiqui A. H., Levy E. I., Albuquerque F. C., Fiorella D. J., Berentei Z., Marosfoi M., Cekirge S. H., Nelson P. K.* Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: results from a multicenter clinical trial. *Radiology.* 2013;267(3):858–868. Doi: 10.1148/radiol.13120099.
  33. *Becks T., Brinjikji W., Potts M. B., Kallmes D. F., Shapiro M., Moran C. J., Levy E. I., McDougall C. G., Szikora I., Lanzino G., Woo H. H., Lopes D. K., Siddiqui A. H., Albuquerque F. C., Fiorella D. J., Saatei I., Cekirge S. H., Berez A. L., Cher D. J., Berentei Z., Marosfoi M., Nelson P. K.* Long-Term Clinical and Angiographic Outcomes Following Pipeline Embolization Device Treatment of Complex Internal Carotid Artery Aneurysms: Five-Year Results of the Pipeline for Uncoilable or Failed Aneurysms Trial. *Neurosurgery.* 2017;1(80(1)):40–48. Doi: 10.1093/neuros/nyw014.
  34. *Nelson P. K., Lylyk P., Szikora I., Wetzel S. G., Wanke I., Fiorella D.* The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011 ;32(1):34–40. Doi: 10.3174/ajnr.A2421.
  35. *Nelson P. K., Lylyk P., Szikora I., Wetzel S. G., Wanke I., Fiorella D.* The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011;32(1):34–40. Doi: 10.3174/ajnr.A2421.
  36. *Kühn A. L., Wakhloo A. K., Gounis M. J., Kan P., de Macedo Rodrigues K., Lozano J. D., Marosfoi M. G., Perras M., Brooks C., Hawk M. C., Rex D. E., Massari F., Puri A. S.* Use of self-expanding stents for better intracranial flow diverter wall apposition. *Interv Neuroradiol.* 2017;23(2):129–136. Doi: 10.1177/1591019916681981.
  37. *Kühn A. L., Rodrigues K. M., Wakhloo A. K., Puri A. S.* Endovascular techniques for achievement of better flow diverter wall apposition. *Interv Neuroradiol.* 2019; 25(3):344–347. Doi: 10.1177/1591019918815294.

### Сведения об авторах

*Егор Геннадьевич Коломин* – врач-нейрохирург, младший научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Лариса Витальевна Рожченко* – кандидат медицинских наук, доцент, врач-нейрохирург, научный руководитель НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Василий Витальевич Бобин* – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Националь-

ный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Андрей Евгеньевич Петров* – кандидат медицинских наук, доцент, врач-нейрохирург, заведующий Нейрохирургическим отделением № 3, ведущий научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Сергей Анатольевич Горощенко* – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, старший научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Аркадий Александрович Иванов* – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург Нейрохирургического отделе-

ния № 3, старший научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного мозга Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

*Константин Александрович Самочерных* – доктор медицинских наук, профессор Российской академии

наук, врач-нейрохирург высшей квалификационной категории Отделения нейрохирургии для детей № 7, директор Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия).

### Information about the authors

*Egor G. Kolomin* – Neurosurgeon, Junior Researcher at the Brain Vascular Surgery Department, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Larisa V. Rozhchenko* – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Neurosurgeon, Scientific Director at the Brain Vascular Surgery Department, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Vasily V. Bobinov* – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Researcher at the Department of Brain Vascular Surgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Andrey E. Petrov* – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Neurosurgeon, Head at the Neurosurgical Department No. 3, Leading Researcher at the Brain Vascular Surgery Research, Polenov Neurosurgery Institute – the branch

of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Sergey A. Goroshchenko* – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Senior Researcher at the Department of Brain Vascular Surgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Arkady A. Ivanov* – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon at the Neurosurgical Department No. 3, Senior Researcher at the Department of Brain Vascular Surgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

*Konstantin A. Samochnykh* – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Neurosurgeon of the Highest Category at the Department of Neurosurgery for Children No. 7, Director, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia).

Принята к публикации 06.05.2024

Accepted 06.05.2024