

ISSN 2782-3806

ISSN 2782-3814 (Online)

УДК

## ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОКСИМАЛЬНОГО КРАЯ СТЕНТА В ЭНДОВАСКУЛЯРНОМ ЛЕЧЕНИИ АНЕВРИЗМ ОФТАЛЬМИЧЕСКОГО СЕГМЕНТА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

**Бобинов В. В.<sup>1</sup>, Рожченко Л. В.<sup>1</sup>, Горощенко С. А.<sup>1</sup>, Гагай А. А.<sup>2</sup>,  
Самочерных К. А.<sup>1</sup>, Петров А. Е.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения

«Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Государственное автономное учреждение здравоохранения Свердловской области «Свердловский областной клинический психоневрологический госпиталь для ветеранов войн», Екатеринбург, Россия

### Контактная информация:

Бобинов Василий Витальевич,  
РНХИ им. проф. А. Л. Поленова — филиал  
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»  
Минздрава России,  
ул. Маяковского, д. 12, Санкт-Петербург,  
Россия, 191014.  
E-mail: neyro.bobinov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.01.2025  
и принята к печати 31.01.2025

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Аневризмы офтальмического сегмента внутренней сонной артерии встречаются достаточно редко и составляют не более 5 % от всех внутричерепных аневризм. Стент-ассистенция с использованием laser-cut стентов является важной опцией и до появления плетеных стентов была основной в эндоваскулярном лечении аневризм сложной конфигурации. Цель. Исследование направлено на анализ особенностей имплантации ассистирующего стента во внутреннюю сонную артерию с учетом анатомических характеристик ее сифона (место типичного коллапса и недораскрытия стента при остром угле переднего колена), влияющих на повышение радикальности выключения аневризмы из кровотока, а также оценку безопасности и эффективности методики laser-cut стент-ассистенции в лечении аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. **Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ пациентов из базы данных с 2013 по 2016 гг. Были включены все пациенты с аневризмами офтальмического сегмента, которым выполнялась окклюзия аневризмы с использованием любого laser-cut self-expanding нитинолового ассистирующего стента. Проведен анализ техники имплантации и точек позиционирования стента, интраоперационных и послеоперационных осложнений, первичных и отдаленных ангиографических результатов

(Raymond-Roy Occlusion Classification, RROC). **Результаты.** 57 пациентов с 57 аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии, оперированные с использованием методики laser-cut стент-ассистенции, были включены в исследование (Enterprise I: 53 аневризмы; Neuroform: 4 аневризмы). Первично totally выключены из кровотока (RROC I) — 37 (64,9 %), субтотально (RROC II) — 14 (24,6 %) и частично (RROC III) — 6 (10,5 %). Радикальное выключение аневризмы из кровотока было достигнуто во всех случаях при использовании модифицированной технологии имплантации стента (proximal-edge position, n = 24) — при использовании короткого, 14 мм, стента Enterprise (n = 8), а также при позиционировании стента Enterprise из средней мозговой артерии во внутреннюю сонную артерию до естественного изгиба артерии в переднем колене сифона (проксимальный конец стента соответствует шейке аневризмы вне зависимости от длины самого стента) (n = 16). Аналогичные результаты по радикальности были достигнуты при использовании стента Neuroform (n = 4). При стандартной имплантации (средняя треть стента соответствует шейке аневризмы) стента Enterprise (n = 29), только в 9 наблюдениях достигнуто радикальное выключение аневризмы из кровотока. На контрольной ангиографии в срок не ранее 6 месяцев аневризмы радикально выключены (RROC I) у 43 (75,4 %) пациентов, субтотально (RROC II) — у 5 (8,8 %) и частично (RROC III) — у 9 (15,8 %). **Заключение.** Эндоваскулярные оперативные вмешательства с использованием стент-ассистенции в лечении больных с аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии являются эффективными, но из-за дизайна стента ключевую роль в достижении радикального результата лечения имеет форма сифона внутренней сонной артерии. Персонализированная оценка анатомических и морфометрических особенностей аневризмы и несущей ее артерии, в частности анализ кривизны естественных изгибов сифона, при выборе типа и длины ассистирующего стента являются ключевыми моментами для достижения оптимального результата операции и снижения рисков развития осложнений. Предлагаемая нами методика имплантации, при которой применяется proximal-edge position, позволяет вне зависимости от длины используемого стента достичь радикального результата окклюзии аневризмы и минимизировать риски коллапса стента и ишемических осложнений. Персонализированный подход к выбору коротких ассистирующих стентов является следствием применяемой методики proximal-edge position, так как при этом не требуется выводить избыточную длину стента в среднюю мозговую артерию.

**Ключевые слова:** внутричерепная аневризма, модификация имплантации стента, офтальмический сегмент внутренней сонной артерии, положение проксиимального края стента, стент-ассистенция, эндоваскулярное лечение, laser-cut стент

**Для цитирования:** Бобинов В.В., Рожченко Л.В., Горощенко С.А. и др. Персонализированный подход к выбору положения проксиимального края стента в эндоваскулярном лечении аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. Российский журнал персонализированной медицины. 2025;5(1):66-78. DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-1-66-78. EDN:

# PERSONALIZED SELECTION OF PROXIMAL-EDGE POSITION OF STENT IN ENDOVASCULAR OPHTHALMIC ANEURYSMS TREATMENT

**Bobinov V. V.<sup>1</sup>, Rozhchenko L. V.<sup>1</sup>, Goroshchenko S. A.<sup>1</sup>, Gagay A. A.<sup>2</sup>, Samochernykh K. A.<sup>1</sup>, Petrov A. E.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery — branch of the Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Sverdlovsk Regional Clinical Neuropsychiatric Hospital for War Veterans, Yekaterinburg, Russia

**Corresponding author:**

Bobinov Vasiliy V.,  
Polenov Neurosurgical Institute,  
Mayakovskaya str., 12, Saint Petersburg,  
Russia, 191014.  
E-mail: neyro.bobinov@yandex.ru

Received 09 January 2025; accepted  
31 January 2025

## ABSTRACT

**Background.** Aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery are quite rare and account for no more than 5 % of all intracranial aneurysms. Stent-assistance using Laser-cut stents is an important option and before the advent of braided stents was the mainstay in the endovascular treatment of complex aneurysms. The study is aimed at analyzing the peculiarities of assisting stent implantation into the internal carotid artery taking into account the anatomical characteristics of its siphon (the place of typical collapse and under-opening of the stent at acute anterior knee angle), influencing the increase of radicality of aneurysm disconnection from the blood flow, as well as evaluating the safety and efficacy of Laser-cut stent-assistance technique in the treatment of aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery. **Design and methods** a retrospective analysis of patients from the database from 2013 to 2016 was performed. All patients with ophthalmic segment aneurysms who underwent aneurysm occlusion using any laser-cut self-expanding nitinol assisted stent were included. Stent implantation technique and positioning points, intraoperative and postoperative complications, primary and distant angiographic results (Raymond-Roy Occlusion Classification, RROC) were analyzed. **Results.** 57 patients with 57 aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery operated using laser-cut stent-assist technique were included in the study (Enterprise I: 53 aneurysms; Neuroform: 4 aneurysms). Primary total (RROC I) — 37 (64.9 %), subtotal (RROC II) — 14 (24.6 %) and partial (RROC III) — 6 (10.5 %) were switched off from blood flow. Radical aneurysm disconnection from the blood flow was achieved in all cases using a modified stent implantation technique (proximal-edge position n = 24) — when using a short 14 mm Enterprise stent (n = 8), as well as when positioning the Enterprise

stent from the middle cerebral artery into the internal carotid artery up to the natural bend of the artery in the anterior knee of the siphon (the proximal end of the stent corresponds to the aneurysm neck regardless of the length of the stent itself) ( $n = 16$ ). Similar results in terms of radicalization were achieved with the Neuroform stent ( $n = 4$ ). At standard implantation (middle third of the stent corresponds to the aneurysm neck) of the Enterprise stent ( $n = 29$ ), only in 9 observations radical disconnection of the aneurysm from the blood flow was achieved. On control angiography at the term not earlier than 6 months aneurysms were radically excluded (RROC I) in 43 (75.4 %) patients, subtotal (RROC II) in 5 (8.8 %) and partially (RROC III) in 9 (15.8 %) patients. **Conclusions.** Endovascular surgical interventions using stent-assistance in the treatment of patients with aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery are effective, but due to the stent design, the shape of the internal carotid artery siphon plays a key role in achieving a radical treatment result. Personalized assessment of anatomical and morphometric features of the aneurysm and the aneurysm-bearing artery, in particular, the analysis of the curvature of the natural curvature of the siphon, when choosing the type and length of the assisting stent are the key points for achieving the optimal result of the operation and reducing the risks of complications. The proposed method of implantation using proximal-edge position allows to achieve a radical result of aneurysm occlusion regardless of the stent length and minimize the risks of stent collapse and ischemic complications. A personalized approach to the choice of short assisting stents is a consequence of the proximal-edge position technique, as it is not necessary to lead the excessive stent length into the middle cerebral artery.

**Key words:** endovascular treatment, intracranial aneurysm, ophthalmic segment of internal carotid artery aneurysm, proximal-edge position, stent-assisted coiling, the laser-cut stent, the stent implantation modification

*For citation: Bobinov VV, Rozhchenko LV, Goroshchenko SA, et al. Personalized selection of proximal-edge position of stent in endovascular ophthalmic aneurysms treatment. Russian Journal for Personalized Medicine. 2025;5(1):66-78. (In Russ.) DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-1-66-78. EDN:*

## ВВЕДЕНИЕ

Аневризмы офтальмического сегмента внутренней сонной артерии встречаются достаточно редко, составляя не более 5 % от всех внутричерепных аневризм, и, помимо рисков внутричерепного кровоизлияния, характеризуются возможным развитием зрительных нарушений, обусловленных как компрессией зрительного нерва мешком аневризмы, так и тромбоэмболией в глазную артерию [3, 13]. Разрыв аневризмы является одной

из основных причин внутричерепного кровоизлияния, чаще возникающего у лиц трудоспособного возраста, и может привести к летальному исходу или выраженному неврологическому дефициту с отсутствием возможности к социальной адаптации после кровоизлияния [2].

Частота выявления интракраниальных аневризм повышается за счет широкого применения неинвазивных методов диагностики, таких как магнитно-резонансная ангиография [5]. С внедрением в практику в начале 90-х годов XX

века методики окклюзии аневризм отделяемыми спиралями внутрисосудистые операции стали широко используемым методом лечения этого вида цереброваскулярной патологии [1]. Особен-но широко данная методика стала применять-ся после публикации результатов International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) в 2002 году [7]. Тем не менее, этот подход ограничен высо-кой частотой формирования рецидивов в отда-ленном периоде после лечения [10]. Кроме того, часть аневризм, имеющих неблагоприятные анатомические характеристики, такие как широкая шейка, не подходят для изолированной окклю-зии спиралями [14]. Среди продвинутых техник, повышающих радикальность и безопасность эндоваскулярного лечения сложных аневризм с широкой шейкой, наиболее распространенной является стент-ассистенция. При этом стент слу-жит в качестве каркаса для предотвращения выпадения спиралей из мешка аневризмы, сохраняя при этом несущую аневризму артерию и способствуя тромбообразованию в аневризматическом мешке, что в итоге приводит к повышению ради-кальности лечения [6].

Стенты Enterprise (EP, Enterprise EP; Codman & Shurtleff, Raynham, Massachusetts, USA) и Neuroform (NEU; Stryker, Kalamazoo, Michigan, USA) являются нитиноловыми laser-cut стентами, используемы-ми при стент-ассистенции, и могут быть заведены в сосуд через стандартный микрокатетер [14]. Эти стенты обладают хорошим сосудистым компла-енсом, достаточной гибкостью и стабильностью, а, кроме того, характеризуются низкими рисками тромбоэмбологических осложнений [5].

Следует учитывать, что предоперационная оценка анатомических особенностей сифона внутренней сонной артерии, особенно при необходи-мости имплантации стента, является обязатель-ным пунктом в планировании вмешательства. Выделяют 4 анатомических варианта сифона внутренней сонной артерии, соответствующих буквам латинского алфавита: U, V, C и S [15]. Исходя из данной классификации, видно, что V- и S-варианты имеют изгибы под острым углом в переднем колене сифона, а C- и U-варианты в основном более пологие. Лишь несколько работ были посвящены влиянию анатомии сифона внутренней сонной артерии на эффективность и безопасность имплантации стента [11].

Целью данного исследования является изучение технических особенностей имплантации, эфек-тивности и безопасности laser-cut стент-ассистен-ции в эндоваскулярном лечении пациентов с анев-ризмами офтальмического сегмента внутренней

сонной артерии с учетом анатомических характе-ристик ее сифона.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Пациенты и характеристики аневризм

Проведен ретроспективный анализ сводной базы данных с 2013 по 2016 гг. по следующим кри-териям: пациенты с аневризмами офтальмического сегмента внутренней сонной артерии без предше-ствующей истории их лечения, которые были под-вергнуты эндоваскулярной окклюзии аневризмы отделяемыми спиралями с laser-cut стент-асси-стенцией и имеют контрольное ангиографическое обследование в срок не ранее 6 месяцев после пере-несенного лечения.

К аневризмам офтальмического сегмента мы относили те аневризмы, шейка которых распо-лагалась в промежутке от устья глазной артерии до устья задней соединительной артерии. В данной выборке представлены аневризмы только мешот-чатой формы без инкорпорирования устья глазной артерии в ее структуру. Анатомические варианты сифона внутренней сонной артерии классифициро-вались по форме U, V, C и S.

Оценка размеров аневризмы проводилась по ре-зультатам интраоперационной церебральной анги-ографии — производились замеры максимальной ширины и высоты аневризмы, размеры ее шейки. Согласно полученным данным аневризмы были разделены на милиарные (до 3 мм), обычного раз-мера (3–15 мм), крупные (15–25 мм) и гигантские (более 25 мм).

### Фармакологический протокол лечения

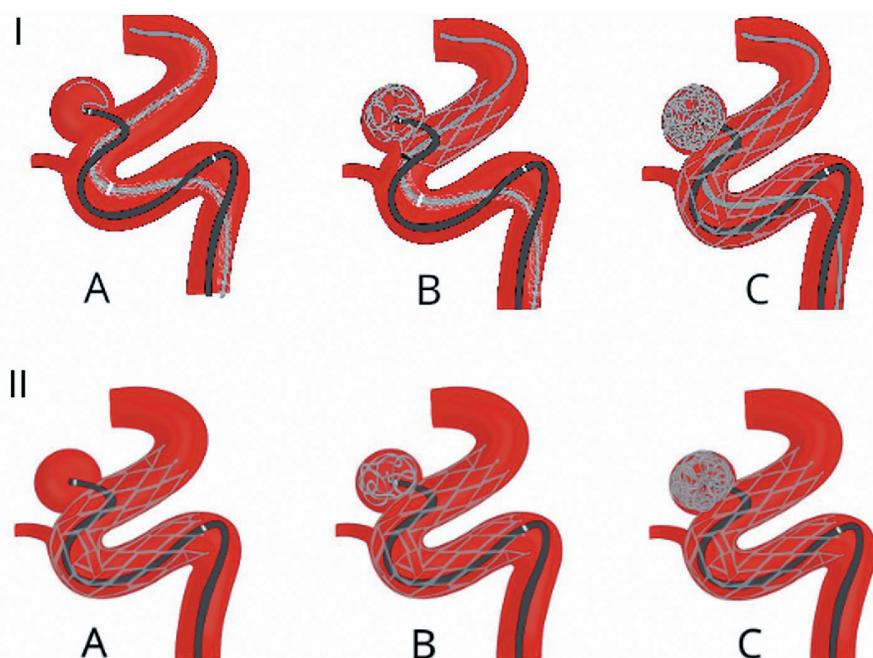
При планировании имплантации стента всем больным проводилась обязательная предопера-ционная подготовка, заключавшаяся в определении базовой функциональной активности тромбоцитов (LTA — по опто-диметрическому методу Бор-на), назначении двойной дезагрегантной терапии за 6 дней до планируемой операции (Клопидогрел 75 мг в сутки и ацетилсалациловая кислота 100 мг 1 раз в сутки) или за 1 сутки до операции (Ти-кагрелор 90 мг 2 раза в сутки и 100 мг ацетилса-лициловой кислоты 1 раз в сутки). Каждому боль-ному перед операцией выполнялась контрольная оценка функциональной активности тромбоцитов с получением графических и цифровых данных, указывающих на достижение безопасного для имплантации стента диапазона остаточной ак-тивности тромбоцитов (оптимально — степень агрегации тромбоцитов не ниже 20 % и не выше 40 %). При отсутствии терапевтического эффекта

от Клопидогрела осуществлялась смена терапии на Тикагрелор.

### Эндоваскулярное лечение

Вопрос о показаниях к эндоваскулярному лечению решался в каждом случае индивидуально после всесторонних консультаций с пациентами или их законными представителями по поводу заболевания, альтернативных методов лечения, возможных рисков и осложнений. Выбор метода эндоваскулярного оперативного вмешательства определялся исходя из анатомо-топографических и морфометрических характеристик аневризмы, а также с учетом степени выраженности сопутствующей патологии, в том числе необходимости ее хирургического лечения.

Все эндоваскулярные вмешательства проводились под общей анестезией в условиях рентген-операционной, оборудованной ангиографическим комплексом biplane DSA (Philips Allura biplane, Netherlands). Все процедуры осуществлялись одним или двумя старшими нейрорадиологами с достаточным опытом выполнения стент-ассистенции. Для проведения вмешательств использовался классический правосторонний трансфеморальный доступ с коротким интродьюсером. Шейный сегмент ВСА катетеризировался направляющим катетером размером 6F или 7F. Первым этапом внутрисосудистого вмешательства была селективная церебральная панangiография в стандартных проекциях. После этого осуществлялась 3D-ротационная ангиография для оценки размеров, формы аневризмы, наличия вовлеченности



**Рис. 1. I. Схематическая иллюстрация методики стент-ассистенции**

А — расстановка микрокатетеров в мешке аневризмы и в артерии, В — стент частично перекрывает шейку аневризмы, С — окончательное позиционирование ассистирующего стента после заведения финишной спирали в мешок аневризмы.

### II. Схематическая иллюстрация методики «через ячейку» стент-ассистенции

А — имплантация ассистирующего стента в артерию и катетеризация мешка аневризмы через ячейку стента, В — заведение первой спирали в мешок аневризмы, С — окклюзия аневризмы отделяемыми спиральями.

**Figure 1. I. Schematic illustration of the “through the cell” technique of stent assistance**

А — placement of microcatheters in the aneurysm sac and in the artery, В — the stent partially overlaps the aneurysm neck, С — the final positioning of the assisting stent after inserting the finishing spiral into the aneurysm sac.

### II. Schematic illustration of the “through the cell” stent-assistingia technique

А — implantation of an assisting stent into the artery and catheterization of the aneurysm sac through the stent cell, В — insertion of the first spiral into the aneurysm sac, С — occlusion of the aneurysm with detachable spirals.

ченности глазной артерии в шейку или тело аневризмы. Для имплантации ассистирующего стента использовался микрокатетер 0.021" (Prowler Select Plus, Codman, Neurorenegade, Stryker), заводимый в несущую аневризму артерию при помощи микропроводника 0.014" (Agility, Codman; Asahi Chikai, Asahi Intecc USA). Полость аневризмы катетеризировалась микрокатетером 0.017" (Exelsior SL 10, Stryker). Для окклюзии аневризмы использовались спирали Axium Detachable Coils (Medtronic), Orbit Galaxy Detachable Coil System (Codman), Microplex 10 Coils (MicroVention Terumo), VFC Coils (MicroVention Terumo), Target Detachable Coils (Stryker).

Окклюзия аневризм производилась по двум методикам. При первой методике (классической) один микрокатетер заводился в полость аневризмы, а второй — в просвет несущего ее сосуда, далее осуществлялось выведение 3–4 витков первой спирали, после чего в просвете артерии позиционировался ассистирующий стент, перекрывая половину шейки аневризмы, далее производилась полная упаковка аневризматического мешка с последующим полным позиционированием и отделением стента (рис. 1. I). При второй методике сначала осуществлялась имплантация ассистирующего стента, и далее через ячейку стента катетеризировался мешок аневризмы и производилось заведение отделяемых спиралей в ее полость (рис. 1. II).

Оценка радикальности окклюзии аневризмы производилась по данным последней интраоперационной ангиографии по классификации Raymond-Roy (RROC) [12].

### Осложнения и отдаленный контроль

Связанные с процедурой осложнения включали интраоперационный разрыв аневризмы и отсроченную транзиторную ишемическую атаку. Все осложнения проанализированы на предмет связи с размером аневризмы, ее формы, типа имплантированного стента и техники окклюзии.

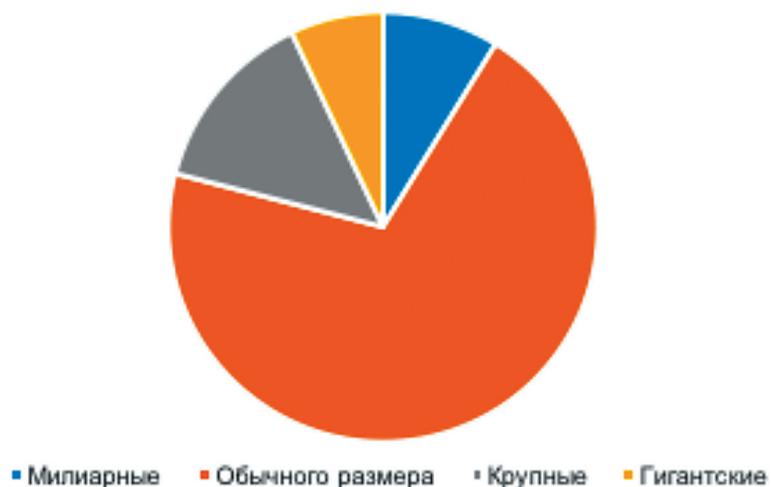
Для оценки стабильности окклюзии аневризмы сравнивались данные последней интраоперационной ангиографии с данными контрольной ангиографии, выполненной в срок не ранее 6 месяцев. Полнота выключения аневризмы из кровотока оценивалась по классификации Raymond-Roy (RROC) (I: полная окклюзия; II: пришеечное заполнение; III: заполнение аневризмы). Любое появление заполнения шейки аневризмы или ее мешка расценивалось как «рецидив».

Ближайшие и отдаленные клинические исходы оценивались на момент выписки и при контролльном обследовании в срок не ранее 6 месяцев после процедуры по модифицированной шкале Рэнкина (mRs).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

База данных по эндоваскулярному лечению включает 57 пациентов с 57 аневризмами офтальмического сегмента, которым выполнена окклюзия аневризмы с использованием laser-cut стент-ассистенции с января 2013 по декабрь 2016 гг. и которые в последующем прошли контрольное ангиографическое обследование.

Аневризмы офтальмического сегмента



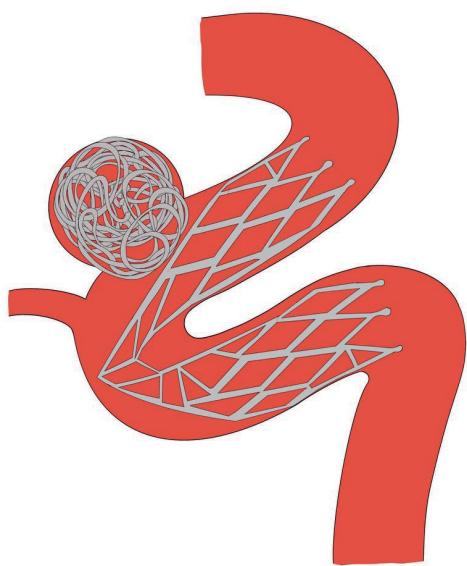
**Рис. 2. Распределение аневризм офтальмического сегмента по размеру**

**Figure 2. Distribution of ophthalmic segment aneurysms by size**

## Пациенты и аневризмы

Пациенты с аневризмами офтальмического сегмента: мужчины — 8 (14 %), женщины — 49 (86 %). Возраст от 22 до 72 (медиана — 46) лет. Все пациенты этой группы были госпитализированы в стационар в плановом порядке. При этом у 17,5 % (n = 10) аневризма проявила себя внутричерепным кровоизлиянием, у 10,5 % (n = 6) — зрительными нарушениями. У 41 (71,9 %) пациента аневризмы носили асимптомный характер и были выявлены случайно.

Оценка размеров аневризмы проводилась по результатам интраоперационной церебральной ангиографии — производились замеры максимальной ширины и высоты аневризмы, размеров ее шейки. Согласно полученным данным, аневризмы были разделены на милиарные (до 3 мм) — 8,8 % (n = 5), обычного размера (3–15 мм) — 70,2 % (n = 40), крупные (15–25 мм) — 14 % (n = 8) и гигантские (более 25 мм) — 7 % (n = 4) (рис. 2).



**Рис. 3. Схематичное изображение коллапса стента на изгибе внутри внутренней сонной артерии**

**Figure 3. Schematic representation of stent collapse on a bend inside the internal carotid artery**

Анатомические варианты сифона внутренней сонной артерии также оценивались по результатам интраоперационной церебральной ангиографии, по результатам анализа установлено, что в исследование вошли 19 (33,3 %) пациентов с S-формой, 12 (21,1 %) — с U-формой, 13 (22,8 %) — с V-формой и 13 (22,8 %) — с C-формой.

## Эндоваскулярное лечение

Все 57 аневризм были успешно прооперированы. В 55 (96,5 %) наблюдениях имплантация ассистирующего стента была запланированной, в 2 (3,5 %) случаях потребовалась при выявленном нестабильном положении комплекса спиралей при дефляции ассистирующего баллона. Для проведения внутрисосудистых вмешательств нами были использованы в 4 случаях стенты Neuroform (Stryker Neurovascular) и в 53 — Enterprise (Codman Neuro, Raynham, MA, USA). В большинстве случаев (86 %, n = 49) окклюзия аневризмы производилась по классической методике, в 8 (14 %) случаях — «через ячейку».

В 4 (7 %) наблюдениях, где применялся стент Enterprise, потребовалось использование баллона для коррекции раскрытия стента и более полного его прилегания к стенкам артерии, что на фоне S-формы сифона не всегда удавалось полноценно выполнить. В случаях коллапса стента витки спиралей не получали опоры на стент на уровне шейки и смещались в просвет сосуда, что было легко увидеть во время операции, несмотря на отсутствие визуализации самого тела стента (рис. 3).

При выполнении оперативных вмешательств мы отметили, что максимально стабильная позиция имплантируемого ассистирующего стента при выраженному изгибе артерии (S- и V-форма сифона) достигалась при его «дистальном» позиционировании, в том числе из средней мозговой артерии, когда его проксимальный конец заканчивался на уровне начала переднего колена сифона (proximal-edge position). Именно такая позиция стента позволила избежать его коллаборирования при перегибе на колене сифона и достичь полного прилегания стента к стенке артерии, создавая идеальные условия для безопасной окклюзии аневризмы спиралью, а также последующей эндотелиализации стента и минимизация рисков рецидива аневризмы.

Следует отметить, что во всех случаях использования стента Neuroform (n = 4) достигнуто тотальное выключение аневризмы из кровотока (табл. 1).

Также установлено, что во всех случаях более дистального позиционирования стента (proximal-edge position) (n = 16) и при использовании короткого (14 мм) стента Enterprise (n = 8), который располагался исключительно в области шейки аневризмы и не имел возможности к деформации на изгибе переднего колена сифона внутренней сонной артерии ввиду его длины до зоны изгиба артерии, было достигнуто радикальное (RROC I) выключение аневризмы из кровотока.

Из 57 аневризм радикально выключены из кровотока (RROC I) — 37 (64,9 %), субтотально

**Таблица 1. Методики стент-ассистенции и радикальность окклюзии аневризмы****Table 1. Stent-assist techniques and the radicality of aneurysm occlusion**

	Стандартная имплантация		Proximal-edge position		Итого
	Стент Neuroform	Стент Enterprise	Короткий стент Enterprise	Дистальная имплантация Enterprise	
Количество случаев	4	29	8	16	57
Радикально выключены (RROC I)	4	9	8	16	37

**Таблица 2. Форма сифона и радикальность окклюзии аневризмы****Table 2. Siphon shape and radicality of aneurysm occlusion**

	Стандартная имплантация (n = 33)				Proximal-edge position (n = 24)				Итого
	Стент Neuroform		Стент Enterprise		Короткий стент Enterprise		Дистальная имплантация Enterprise		
	всего	RROC I	всего	RROC I	всего	RROC I	всего	RROC I	всего
U-Shape	0	0	10	2	0	0	2	2	12
V-Shape	3	3	4	1	2	2	4	4	13
S-shape	1	1	5	1	5	5	8	8	19
C-shape	0	0	10	5	1	1	2	2	13
Итого	4	4	29	9	8	8	16	16	57

(RROC II) — 14 (24,6 %) и частично (RROCS III) — 6 (10,5 %). Кроме того, выявлено, что при стандартной имплантации стента радикальная окклюзия аневризмы была достигнута лишь в 9 (31 %) случаях из 29 (табл. 2). При этом установлено, что использование короткого стента или модифицированной методики имплантации ассистирующего стента при формах сифона S и V, имеющих острые углы, позволило во всех случаях добиться радикальной окклюзии аневризмы.

Таким образом, можно заключить, что избыточная длина ассистирующего стента при лечении аневризм офтальмического сегмента не только не требуется, но и может являться негативным фактором в достижении радикальной окклюзии аневризмы при неблагоприятной анатомии сифона

внутренней сонной артерии. Proximal-edge position ассистирующего стента не создает условия для коллапса стента и позволяет достигнуть радикального выключения аневризмы с меньшими рисками ишемических осложнений.

#### Осложнения и исходы

Проведен анализ осложнений, возникших во время и после процедуры, ближайших и отдаленных исходов оперативного лечения.

В 2 (3,5 %) наблюдениях из 57 отмечено развитие интраоперационного осложнения, представленного кровоизлиянием, — наблюдалась перфорация мешка аневризмы витками спирали, в обоих случаях использовалась методика окклюзии аневризмы через ячейку стента. В обоих случа-

ях кровотечение было купировано путем плотной упаковки аневризматического мешка отделяемыми спиралями. В 1 (1,75 %) наблюдении отмечена интраоперационная дистальная тромбоэмболия из аневризматического мешка, которая привела к выраженному неврологическому дефициту в виде глубокого гемипареза.

Были выписаны в удовлетворительном состоянии, без нарастания очагового неврологического дефицита 54 пациента (94,7 %), 3 пациента (5,3 %) — с умеренным дефицитом (в 2 случаях после кровоизлияния развился церебральный вазоспазм с дальнейшим формированием зон ишемии головного мозга, в 1 случае после тромбоэмболии развился ишемический инсульт), потребовавшим в дальнейшем длительного реабилитационного лечения (mRs 3 балла).

Отдаленные клинические исходы также были отмечены у 57 больных. Ни в одном случае нарастания зрительных нарушений не отмечено. Хорошие клинические исходы (mRs 0 баллов) отмечены у 54 пациентов, легкий неврологический дефицит (mRs 2 балла) — у 3 человек, у которых оперативное вмешательство сопровождалось развитием осложнений. В 1 наблюдении (1,75 %) на фоне погрешности в приеме двойной дезагрегантной терапии (Тикагрелор 90 мг 2 раза в день) у пациентки отмечались эпизоды транзиторных ишемических атак в виде зрительных нарушений, купировавшиеся на фоне своевременного восстановления терапии.

#### **Отдаленные ангиографические исходы**

Отдаленными мы считали результаты контрольного ангиографического исследования, выполненного не ранее 6 месяцев после оперативного лечения. В нашей серии наблюдений в отдаленном

периоде были отмечены изменения степени радикальности окклюзии аневризмы. Так, на контрольной ангиографии полная окклюзия аневризмы (RROC I) была выявлена у 43 (75,4 %) пациентов, субтотальная (RROC II) — у 5 (8,8 %) и частичная (RROC III) — у 9 (15,8 %). При этом обнаружено повышение радикальности из субтотальной в тотальную окклюзию в 9 (15,8 %) наблюдениях и понижение радикальности (рецидив аневризмы) из тотальной в субтотальную в 3 (5,3 %) наблюдениях, из субтотальной в частичную в 3 (5,3 %) наблюдениях. Вместе с тем повторное оперативное лечение потребовалось в 3 (5,3 %) наблюдениях.

Следует отметить, что наиболее нестабильный результат окклюзии был отмечен в группе имплантации стента Enterprise по стандартной методике, а максимальное сохранение радикальности окклюзии — в группе, где использована модифицированная методика proximal-edge position установки стента (табл. 3). Кроме того, из 6 рецидивировавших аневризм 4 были гигантского размера и 2 — крупного. Во всех случаях необходимости повторного оперативного лечения проводилась реконструкция несущей аневризму артерии поток-отклоняющим стентом, который устанавливался в ранее имплантированный ассистирующий стент, инкорпорированный в стенку несущей аневризму артерии. Контрольная ангиография через 6 месяцев подтвердила полное ремоделирование артерии.

#### **ОБСУЖДЕНИЕ**

Оптимальная тактика лечения пациентов с церебральными аневризмами зависит от состояния пациента, анатомо-морфометрических характеристик аневризмы и учитывает взвешенные риски есте-

**Таблица 3. Методики стент-ассистенции и радикальность окклюзии аневризмы в отдаленном периоде**

**Table 3. Methods of stent assistance and the radicality of aneurysm occlusion in the long term**

	Стандартная имплантация (n = 33)		Proximal-edge position (n = 24)		Итого
	Стент Neuroform	Стент Enterprise	Короткий стент Enterprise	Дистальная имплантация Enterprise	
Количество случаев	4	29	8	16	57
Радикально выключены (RRGS I)	3	17	7	16	43

ственного течения заболевания [8]. Внедрение баллонов и стентов в арсенал эндоваскулярных устройств позволило существенно повысить радикальность лечения пациентов с церебральными аневризмами [4].

Все аневризмы в нашем исследовании имели мешотчатую форму, большинство из них были обычного размера и носили асимптомный характер. Методика стент-ассистенции при лечении пациентов с аневризмами данной локализации в нашем исследовании ассоциировалась с низкими рисками осложнений, проявившихся в двух случаях интраоперационной перфораций аневризмы во время заведения спирали при катетеризации через ячейку стента и в одном случае — дистальной тромбоэмболией из аневризматического мешка. Кроме того, в одном случае наблюдались эпизоды ТИА при нарушении приема двойной дезагрегантной терапии.

Первичные результаты радикальной окклюзии (64,9 %) в нашем исследовании оказались выше, чем данные аналогичных статей по изучению результатов методики стент-ассистенции [8, 9], что может быть обусловлено в первую очередь локализацией аневризм в нашей серии, а также применением разработанной нами методики proximal-edge position при имплантации стента для размещения проксимальной части стента до естественного изгиба артерии на переднем колене сифона, в особенности при S- и V-формах, характеризующихся наличием острого угла изгиба артерии в переднем колене. Данная методика позволила не только повысить радикальность окклюзии, но и минимизировать риски коллапса и перегиба стента на уровне переднего колена сифона.

Нами отмечено, что радикальный результат окклюзии аневризмы был достигнут во всех случаях использования стента Neuroform — это объясняется его лучшим раскрытием и прилеганием к стенкам артерии за счет его дизайна с открытой ячейкой, а также при использовании короткого (14 мм) стента Enterprise — в силу его позиционирования непосредственно в зоне шейки аневризмы, что, в отличие от стандартной имплантации, не требует имплантации в зоне острого угла колена сифона (особенно при S- и V-форме) и не сопровождается его деформацией. Такие же результаты по радикальности были достигнуты, когда стент Enterprise имплантировался по модифицированной методике, где проксимальная часть стента располагалась дистальнее физиологического изгиба внутренней сонной артерии, перекрывая шейку аневризмы. Таким образом избыточная длина стента может быть безопасно имплантирована в среднюю мозговую артерию, являющуюся непосредственным анатомическим продолжением внутренней сонной

артерии. Эта техника позволила достичнуть полного раскрытия стента без его деформации с полным прилеганием к стенкам артерии.

Кроме того, в отдаленном периоде была установлена положительная динамика в виде повышения количества радикально выключенных из кровотока аневризм до 75,4 %, что может быть объяснено как эндотелизацией стента, так и изменением кровотока в несущем аневризму сегменте артерии, за счет некоторого выравнивания ее изгибов под действием имплантированного ассистирующего стента [8]. Рецидив аневризмы был выявлен в 10,6 % наблюдений, что сопоставимо с данными подобных исследований и существенно ниже, чем встречается после изолированной окклюзии спиралями и баллон-ассистенции. Тем не менее, складывается представление, что полной стабильной окклюзии аневризм данной локализации методика стент-ассистенции не обеспечивает, ввиду крайне высокой вариабельности анатомии сифона внутренней сонной артерии, а также разнообразия локализации аневризм офтальмического сегмента. Следует учитывать, что именно стандартная имплантация стента в условиях S- и V-формы сифона наиболее часто давала рецидив в отдаленном периоде, что может говорить о неполном прилегании стента к стенкам артерии и, соответственно, о неблагоприятных условиях для эндотелизации и реконструкции пораженного сегмента артерии.

Несмотря на утверждения о хорошем прилегании стента к стенкам несущей аневризму артерии, в нашей серии в 7 % случаев потребовалась коррекция раскрытия стента путем раздутия баллона в его просвете, а эта манипуляция достаточно рискованна и не всегда приводит к желаемому результату. Это связано в первую очередь с тем, что реконструируемый сегмент не является прямым участком артерии, а зачастую имеет выраженные анатомические изгибы, а конструкция ассистирующего стента, изготовленного путем лазерной резки, в первую очередь подразумевает сохранение изначально заданной формы прямой полой трубы и не обладает возможностью идеального повторения анатомических изгибов протезируемой артерии, в отличие от плетеных ассистирующих и поток-отклоняющих стентов. В случае острого угла сифона может наблюдаться коллапс такого стента с нарушением его просвета и возникновением на этом фоне рисков дистальной тромбоэмболии и тромбоза несущей аневризму артерии. Вышеизложенное может быть обусловлен выбор более дистальной точки позиционирования стента. Исходя из полученных нами данных следует, что избыточная длина ассистирующего стента при лечении аневризм

офтальмического сегмента не только не требуется, но и может являться негативным фактором в достижении радикальной окклюзии аневризмы при его стандартном позиционировании. Proximal edge position не создает условия для коллапса стента (находится дистальнее или на уровне переднего колена сифона), что позволяет успешно и безопасно выполнить окклюзию аневризмы без рисков ишемических осложнений. Данная методика позволила достигнуть стабильного радикального (RROC I) выключения аневризмы из кровотока во всех наблюдениях в нашем исследовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аневризмы внутренней сонной артерии, особенно расположенные в офтальмическом сегменте, представляют собой достаточно сложную проблему, решение которой требует персонализированного подхода и тщательного анализа не только морфометрических характеристик аневризмы, но и анатомических особенностей сифона. Стент-ассистенция является важной опцией эндоваскулярного лечения таких аневризм, позволяющей существенно повысить радикальность окклюзии и минимизировать риски рецидивирования аневризмы. В то же время достижение оптимальной позиции стента без его перегиба и коллаборования является основополагающим фактором эффективности проведенного лечения. Разработанная нами модификация имплантации ассистирующего стента proximal-edge position позволяет достичь персонализированного подхода к обеспечению полного прилегания стента к стенкам артерии, минимизирует риски его коллаборирования и тем самым способствует эндотелиализации и полной реконструкции артерии.

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Bobinov VV, Rozhchenko LV, Goroshchenko SA, et al. The evolution of non-reconstructive methods of endovascular treatment of cerebral aneurysms // Medical academic journal. 2022. Vol. 22. N. 3. P. 105–114. DOI:10.17816/MAJ108576.
2. Brisman JL, Song JK, Newell DW. Cerebral aneurysms. The New England journal of medicine. 2006;355(9):928–939. <https://doi.org/10.1056/NEJMra052760>

3. Fulkerson DH, Horner TG, Payner TD, et al. Results, outcomes, and follow-up of remnants in the treatment of ophthalmic aneurysms: a 16-year experience of a combined neurosurgical and endovascular team. Neurosurgery. 2009 Feb;64(2):218–29; discussion 229–30. DOI: 10.1227/01.NEU.0000337127.73667.80. PMID: 19190452.

4. Hanel RA, Lopes DK, Wehman JC, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms and vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Neurosurg Clin N Am. 2005 Apr;16(2):317–53, ix. DOI:10.1016/j.nec.2004.09.001. PMID: 15694165.

5. King B, Vaziri S, Singla A, et al. Clinical and angiographic outcomes after stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with Enterprise and Neuroform stents: a comparative analysis of the literature. J Neurointerv Surg. 2015 Dec;7(12):905–9. DOI:10.1136/neurintsurg-2014-011457. Epub 2014 Oct 28. PMID: 25352581.

6. Koebbe CJ, Veznedaroglu E, Jabbour P, Rosenwasser RH. Endovascular management of intracranial aneurysms: current experience and future advances. Neurosurgery. 2006;59(5 Suppl. 3):S93–102; discussion S103–113. DOI:10.1227/01.NEU.0000237512.10529.58.

7. Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. Lancet. 2002 Oct 26;360(9342):1267–74. DOI:10.1016/s0140-6736(02)11314-6. PMID: 12414200.

8. Papadopoulos F, Antonopoulos CN, Geroulakos G. Stent-Assisted Coiling of Unruptured Intracranial Aneurysms with Wide Neck. Asian J Neurosurg. 2020 Dec 21;15(4):821–827. DOI:10.4103/ajns.AJNS\_57\_20. PMID: 33708649; PMCID: PMC7869257.

9. Peterson E, Hanak B, Morton R, et al. Are aneurysms treated with balloon-assisted coiling and stent-assisted coiling different? Morphological analysis of 113 unruptured wide-necked aneurysms treated with adjunctive devices. Neurosurgery. 2014 Aug;75(2):145–51; quiz 151. DOI:10.1227/NEU.0000000000000366. PMID: 24739363.

10. Phan K, Huo YR, Jia F, et al. Meta-analysis of stent-assisted coiling versus coiling-only for the treatment of intracranial aneurysms. J Clin Neurosci. 2016 Sep;31:15–22. DOI:10.1016/j.jocn.2016.01.035. Epub 2016 Jun 22. PMID: 27344091.

11. Rinaldo L, Brinjikji W, Cloft HJ, et al. Effect of Carotid Siphon Anatomy on Aneurysm Occlusion After Flow Diversion for Treatment of Internal Carotid Artery Aneurysms. Oper Neurosurg (Hagerstown). 2019 Aug 1;17(2):123–131. DOI:10.1093/ons/opy340. PMID: 30496571.

12. Roy D, Milot G, Raymond J. Endovascular treatment of unruptured aneurysms. Stroke. 2001

Sep;32(9):1998–2004. DOI:10.1161/hs0901.095600.  
PMID: 11546888.

13. Sharma BS, Kasliwal MK, Suri A, et al. Outcome following surgery for ophthalmic segment aneurysms. *J Clin Neurosci.* 2010 Jan;17(1):38–42. DOI:10.1016/j.jocn.2009.04.022. Epub 2009 Dec 14. PMID: 20005719.

14. Wang J, Vargas J, Spiotta A, et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms: a single-center clinical and angiographic analysis. *J Neurointerv Surg.* 2018 Jul;10(7):687–692. DOI:10.1136/neurintsurg-2017-013272. Epub 2017 Nov 16. PMID: 29146831.

15. Zhang C, Pu F, Li S, et al. Geometric classification of the carotid siphon: association between geometry and stenoses. *Surg Radiol Anat.* 2013 Jul;35(5):385–94. DOI:10.1007/s00276-012-1042-8. Epub 2012 Nov 27. PMID: 23183849.

#### **Информация об авторах:**

Бобинов Василий Витальевич, к.м.н., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, старший научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного и спинного мозга РНХИ им. проф. А. Л. Поленова – филиала ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Рожченко Лариса Витальевна, к.м.н., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, старший научный сотрудник НИЛ хирургии сосудов головного и спинного мозга РНХИ им. проф. А. Л. Поленова – филиала ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Горощенко Сергей Анатольевич, к.м.н., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3 РНХИ им. проф. А. Л. Поленова – филиала ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Гагай Александр Анатольевич, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии ГАУЗ СО «СОКП Госпиталь для ветеранов войн»;

Самочерных Константин Александрович, д.м.н., директор РНХИ им. проф. А. Л. Поленова – филиала ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Петров Андрей Евгеньевич, к.м.н., врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением № 3 РНХИ им. проф. А. Л. Поленова – филиала ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

#### **Authors Information:**

Bobinov Vasiliy V., candidate of medical sciences, neurosurgeon of the neurosurgical department No. 3, senior researcher, research laboratory for surgery of the vessels of the cerebral and spinal cord, Polenov Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Centre,;

Rozhchenko Larisa V., candidate of medical sciences, neurosurgeon of the neurosurgical department No.

3, senior researcher, research laboratory for surgery of the vessels of the cerebral and spinal cord, Polenov Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Centre;

Goroshchenko Sergey A., candidate of medical sciences, neurosurgeon of the neurosurgical department No. 3, Polenov Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Centre;

Gagai Alexander A., neurosurgeon, neurosurgery department, Sverdlovsk Regional Clinical Neuropsychiatric Hospital for War Veterans;

Samochernykh Konstantin A., doctor of medical sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, neurosurgeon of the highest category, the Director of the Polenov Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Centre;

Petrov Andrey E., candidate of medical sciences, neurosurgeon, chef of the neurosurgical department No. 3, Polenov Neurosurgical Institute – branch of the Almazov National Medical Research Centre.