

В. А. ТУРГЕЛЬ^{1, 3}, А. С. МАНСУРОВ^{2, 3}, Е. А. ПАТРИНА¹,
С. Н. ТУЛЬЦЕВА¹, М. В. РУСНАК¹

Перспектива использования оптической-когерентной томографии-ангиографии в прогнозировании зрительных нарушений у пациентов после стентирования аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. Пилотное исследование

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

² Северо-западный окружной научно-клинический центр им. А. Г. Соколова федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия
194291, Россия, Санкт-Петербург, пр. Культуры, д. 4, лит. А

³ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова – филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
191014, Россия, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12
E-mail: zanoza194@gmail.com

Статья поступила в редакцию 02.09.24 г.; принята к печати 11.10.24 г.

Резюме

Введение. При микроинвазивной хирургии аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии (АОС-ВСА) часто используют поток-отклоняющие стенты, перекрывающие область отхождения глазной артерии. Данный вид лечения может сопровождаться снижением зрения как в интра-, так и в раннем и позднем послеоперационном периоде. **Цель** – оценить показатели глазной гемодинамики у пациентов с АОС-ВСА до и после стентирования офтальмического сегмента ВСА. **Материалы и методы.** Группу наблюдения составили 17 пациентов (16 женщин и 1 мужчина), медиана возраста 48,5 лет (от 23 до 68), поступивших в РНХИ им. А.Л. Поленова в период с апреля 2022 по ноябрь 2024 года. Критерии включения: возраст более 18 лет, односторонняя АОС-ВСА диаметром не менее 4 мм, отсутствие КТ-признаков компрессии зрительного пути и офтальмологических жалоб, отсутствие патологии сетчатки, зрительных нервов и достаточная прозрачность оптических сред. С целью визуализации аневризмы использовались 3D-моделирование изображений, полученных с помощью ротационной ангиографии. Ангиографические изображения были получены в переднезадней, боковой и рабочей проекциях до и сразу после лечения. Лечение заключалось в стентировании офтальмического сегмента ВСА поток-отклоняющим стентом DERIVO 2 (*Acandis Pforzheim*, Германия). Офтальмологическое обследование выполнялось до и после операции и включало стандартные методы диагностики и оптическую когерентную томографию (ОКТ), оптическую когерентную томографию с функцией ангиографии (ОКТА) макулярной зоны и области диска зрительного нерва. Дополнительно выполнялась калиброметрия с оценкой среднего диаметра артерий и вен (СДА и СДВ). **Результаты.** После стентирования у 4 из 17 пациентов на стороне АОС-ВСА в срок от 3 до 14 суток отмечены зрительные нарушения в форме множественных эпизодов транзиторной монокулярной слепоты длительностью от 30 секунд до нескольких часов. У пациентов с данными осложнениями при сравнении с показателями противоположного глаза на стороне поражения отмечалось уменьшение плотности перфузии по всем сплетениям (на 1,0–4,2 % в поверхностном, на 1,3–7,2 % в глубоком, и в радиальном перипапиллярном – на 2,1–3,0 %). Также на стороне поражения в сравнении с противоположным глазом отмечалось значимое уменьшение СДА (79,4 мкм против 85,3 мкм, $P < ,001$), однако СДВ не имели значимых различий (102,6 мкм против 104,23 мкм, $P = 0,580$). **Заключение.** Проведенное пилотное исследование показало, что предоперационное обнаружение локальных дефектов капиллярной перфузии сетчатки и диска зрительного нерва (ДЗН), а также асимметрия калибра перипапиллярных артериол при АОС-ВСА могут являться маркерами недостаточности коллатерального кровотока, проявляющейся появлением транзиторных эпизодов монокулярной слепоты после стентирования.

Ключевые слова: аневризма офтальмического сегмента внутренней сонной артерии, стентирование, зрительные расстройства, осложнения, глазная артерия

Для цитирования: Тургель В. А., Мансуров А. С., Патрина Е. А., Тульцева С. Н., Руснак М. В. Перспектива использования оптической-когерентной томографии-ангиографии в прогнозировании зрительных нарушений у пациентов после стентирования аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии. Пилотное исследование. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024;23(4):149–155. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-149-155.

VADIM A. TURGEL^{1, 3}, AHMED S. MANSUROV^{2, 3},
EKATERINA A. PATRINA¹, SVETLANA N. TULTSEVA¹,
MAKSIM V. RUSNAK¹

Perspective of optical coherence tomography angiography in visual outcome prognosis in patients after aneurysm stenting of the ophthalmic segment of the internal carotid artery. Pilot study

¹ Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022

² North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency, Saint Petersburg, Russia

4a, Kultury ave., Saint Petersburg, Russia, 194291

³ Polenov Neurosurgical Institute – branch of Almazov National medical research Centre, Saint Petersburg, Russia

12, Mayakovsky str., Saint Petersburg, Russia, 191014

E-mail: zanoza194@gmail.com

Received 02.09.24; accepted 11.10.24

Summary

Background. In microinvasive surgery of aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery (AOS-ICA), flow-diverting stents are often used, which overlap the area of the ophthalmic artery origin. This type of treatment may be accompanied by visual acuity decrease in the intra- as well as in the early and late postoperative period. **Aim** – to evaluate ocular hemodynamics indices in patients with AOS-ICA before and after the ophthalmic segment of the internal carotid artery stenting. **Materials and methods.** The study group consisted of 17 patients (16 women and 1 man), age median being 48.5 years (from 23 to 68), admitted to the Polenov Neurosurgical Institute during the period from April, 2022, through November, 2024. Inclusion criteria: age more than 18 years, unilateral AOS-ICA of no less than 4 mm diameter, absence of CT-signs of visual pathway compression and of ophthalmic complaints, absence of retinal and optic nerve pathologic condition, and sufficient transparency of the optical media. To visualize the aneurysm, the reconstruction of 3D images obtained from rotational angiography was used. Angiographic images were obtained in anteroposterior, lateral, and working projections before and immediately after treatment. The treatment consisted in stenting of the ICA ophthalmic segment by a flow-diverting stent DERIVO 2 (Acandis Pforzheim, Germany). The ophthalmic examination was carried out before and after surgery and included standard diagnostic methods and OCT, OCTA of the macular area and the optic disc area. Additionally, a calibrometry of arteries and veins with estimation of their average diameter (ADA, ADV). **Results.** After stenting, in 4 out of 17 patients, on the AOS-ICA side, within the period from 3 to 14 days, visual disturbances were noted in form of multiple episodes of transitory monocular blindness, their duration being from 30 seconds to several hours. In patients with such complications, at comparison with the contralateral eye indices, on the involved side, a reduced perfusion density in all plexuses was noted (by 1.0–4.2 % in the superficial, by 1.3–7.2 % in the deep, and in the radial peripapillary – by 2.1–3.0 %). On the involved side, in comparison to the contralateral eye, there was also a significant ADA decrease (79.4 μm versus 85.3 μm , $P < .001$), ADV however had no significant differences (102.6 μm versus 104.23 μm , $P = .580$). **Conclusions.** The carried-out pilot study showed that preoperative detection of local defects of retinal and optic disc capillary perfusion, as well as asymmetry of peripapillary arterioles in AOS-ICA, could be markers of collateral blood flow insufficiency manifesting itself by transitory episodes of monocular blindness after stenting.

Keywords: aneurysm of the ophthalmic segment of the internal carotid artery, stenting, visual disturbances, complications, ophthalmic artery

For citation: Turgel V. A., Mansurov A. S., Patrina E. A., Tultseva S. N., Rusnak M. V. Perspective of optical coherence tomography angiography in visual outcome prognosis in patients after aneurysm stenting of the ophthalmic segment of the internal carotid artery. Pilot study. Regional hemodynamics and microcirculation. 2024;23(4):149–155. Doi: 10.24884/1682-6655-2024-23-4-149-155.

Введение

Аневризмы офтальмического сегмента внутренней сонной артерии (АОС-ВСА) составляют около 0,9–6,5 % всех интракраниальных аневризм [1, 2], в 7 % случаев носят двусторонний характер и в 50 % случаев сочетаются с другими видами аневризм [3].

Предпосылкой развития аневризм в данном сегменте ВСА является выраженная извитость сосуда, напоминающая сифон, вызывающая турбулентность кровотока [4]. В большинстве случаев наличие АОС-ВСА не сопровождается явными клиническими про-

явлениями, и аневризмы являются случайной находкой при выполнении МР-ангиографии.

Около 29 % пациентов с АОС-ВСА поступают в стационар уже с осложнениями в виде субарахноидальных кровоизлияний, а в трети случаев (18–30 %) диагноз ставится из-за появления симптоматики, вызванной тромбированием аневризмы и появлением ишемических симптомов (нарушение функций периферического и центрального зрения, появление ишемических болей, связанных с гипоперфузией глазного яблока) [5].

Выделяют и ранние предвестники этих осложнений. До 31 % пациентов задолго до выявления основного заболевания отмечали транзиторную монокулярную слепоту и транзиторные выпадения в полях зрения [6]. Это может быть связано как с периодической компрессией аневризмой зрительных путей, так и происходить вследствие изменения тока крови в глазной артерии, приводящего к транзиторной гипоперфузии глазного яблока [7]. Наличие и выраженность глазных осложнений при АОС-ВСА, в первую очередь, связаны с достаточностью коллатерального кровотока, а также с локализацией и размерами самой аневризмы.

На основании данных ангиографии и эндоваскулярных исследований в зависимости от локализации и стенки ВСА, все АОС-ВСА подразделяются на четыре главных типа – А, В, С и D [8]. Наибольшее влияние на зрение оказывает аневризма типа А, так как располагается в непосредственной близости к глазной артерии. При этом глазная артерия может отходить на некотором отдалении от шейки аневризмы (раздельный тип), исходить из ее шейки (общий тип), отходить непосредственно из тела аневризмы (купольный тип) и брать начало во внутреннем изгибе сифона сонной артерии, то есть напротив аневризмы [9].

Интересен факт, что чаще всего зрение нарушается именно при отхождении глазной артерии от тела аневризмы (эмболия центральной артерии сетчатки и ее ветвей в 80 % случаев) и от внутреннего изгиба сифона (атрофия зрительного нерва и другие осложнения – 75 % случаев) [9].

Считается, что АОС-ВСА медленно прогрессируют и редко приводят к субарахноидальному кровоизлиянию, поэтому существует мнение, что оперировать следует только пациентов с ожидаемой продолжительностью жизни >10 лет и если размеры аневризмы превышают 4 мм. Есть сторонники и профилактического хирургического лечения [10].

Операции при АОС-ВСА имеют ряд трудностей. Это связано как с труднодоступностью данного участка, так и с высоким риском потери зрения.

В настоящее время используют стентирование офтальмического участка ВСА, эндоваскулярную эмболизацию аневризмы и клипирование. Малоинвазивная хирургия является хирургией выбора. При этом спиральная эмболизация имеет более высокий риск снижения зрения после операции, составляющий 4–10 % [11].

Согласно результатам крупных рандомизированных исследований (ISAT, BRAT, CARAT), интраоперационные осложнения (кровоизлияния, тромбоз эмболия) составляют 2,7 % случаев. Отдаленные осложнения в виде зрительных нарушений составляют 4,2 % [12, 13].

Так как поздние осложнения со стороны органа зрения возникают в отдаленный период после операции, их распространенность остается неизученной, а предикторы их возникновения – неясными. Поиск предикторов подобных осложнений, значимо влияющих на качество жизни и работоспособность пациентов после операции, по-прежнему является важной медико-социальной задачей. Оценка микроциркуля-

ции сетчатки с помощью неинвазивного метода диагностики – оптической когерентной томографии с функцией ангиографии, позволяющей оценить плотность сосудов и перфузии в глубоком и поверхностном капиллярных сплетениях, а также радиальном перипапиллярном капиллярном сплетении сетчатки, в сочетании с калиброметрией ретинальных сосудов до и сразу после стентирования офтальмического отдела ВСА могут помочь выявить ранние маркеры гипоперфузии и недостаточности коллатерального кровотока при АОС-ВСА.

Цель исследования – оценить показатели глазной гемодинамики у пациентов с АОС-ВСА до и после стентирования офтальмического сегмента ВСА.

Материалы и методы исследования

Группу наблюдения составили 17 пациентов (16 женщин и 1 мужчина), поступивших в РНХИ им. А. Л. Поленова в период с апреля 2022 г. по ноябрь 2024 г. Медиана возраста 48,5 лет (от 23 до 68).

Критерии включения: возраст более 18 лет, односторонняя АОС-ВСА диаметром не менее 4 мм, отсутствие КТ-признаков компрессии зрительного пути и офтальмологических жалоб, отсутствие патологии сетчатки, зрительных нервов и достаточная прозрачность оптических сред.

С целью профилактики интраоперационного тромбообразования в течение 7 дней до хирургического вмешательства все пациенты получали двойную антиагрегантную терапию (клопидогрель, 75 мг и тикагрелор, 90 мг ежедневно), затем тикагрелор в дозе 180 мг/сутки еще 6 месяцев. Отмена антиагрегантной терапии проводилась после контрольной ангиографии. Визуализация офтальмического сегмента ВСА, оценка размеров и локализации аневризмы выполнялись с использованием 3D-моделирования изображений, полученных с помощью ротационной ангиографии (XtraVision; Philips Healthcare, Best, Нидерланды) перед каждой процедурой (рис. 1). Ангиографические изображения были получены в переднезадней, боковой и рабочей проекциях до и сразу после лечения (рис. 2).

Эндоваскулярное лечение заключалось в постановке в офтальмологический сегмент ВСА поток-отклоняющего стента DERIVO 2 (Acandis Pforzheim, Германия).

Офтальмологическое исследование выполнялось одним и тем же офтальмологом за 24–48 часов до и через неделю после стентирования и включало определение максимально корригированной остроты зрения, тонометрии (портативный тонометр Icare TAO1i, Tiolat, Финляндия) с одноразовыми наконечниками.

Поле зрения исследовалось с максимальной коррекцией для близкого расстояния на компьютерном периметре Периком (Оптомед, Россия) методом статической автоматизированной надпороговой четырехэтапной периметрии по тотальной сокращенной программе.

Дополнительно всем пациентам выполнялись структурная оптическая когерентная томография (ОКТ) макулярной области и области диска зрительного нерва с оценкой толщины сетчатки, а также слоя

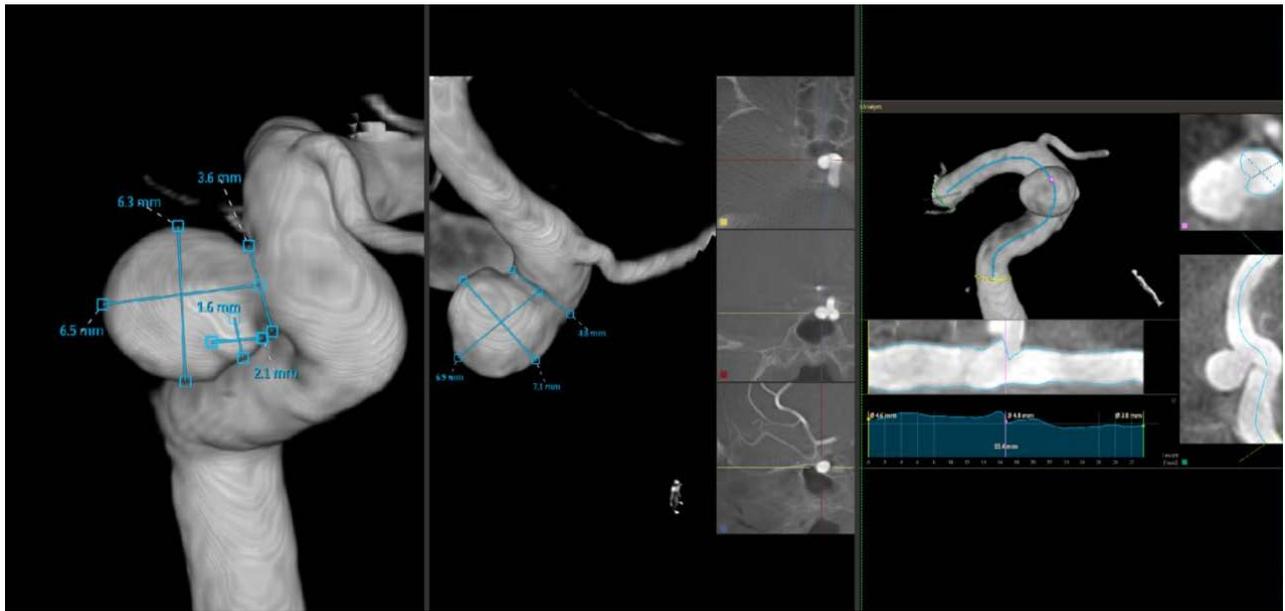


Рис. 1 Визуализация офтальмологического сегмента ВСА. 3D-моделирования изображений, полученных с помощью ротационной ангиографии. Отмечены продольный и поперечный размер аневризмы и ее шейки

Fig. 1. Visualization of the ICA ophthalmic segment. 3D reconstruction of images obtained from rotational angiography. Longitudinal and transverse dimensions of the aneurysm and of its neck are marked

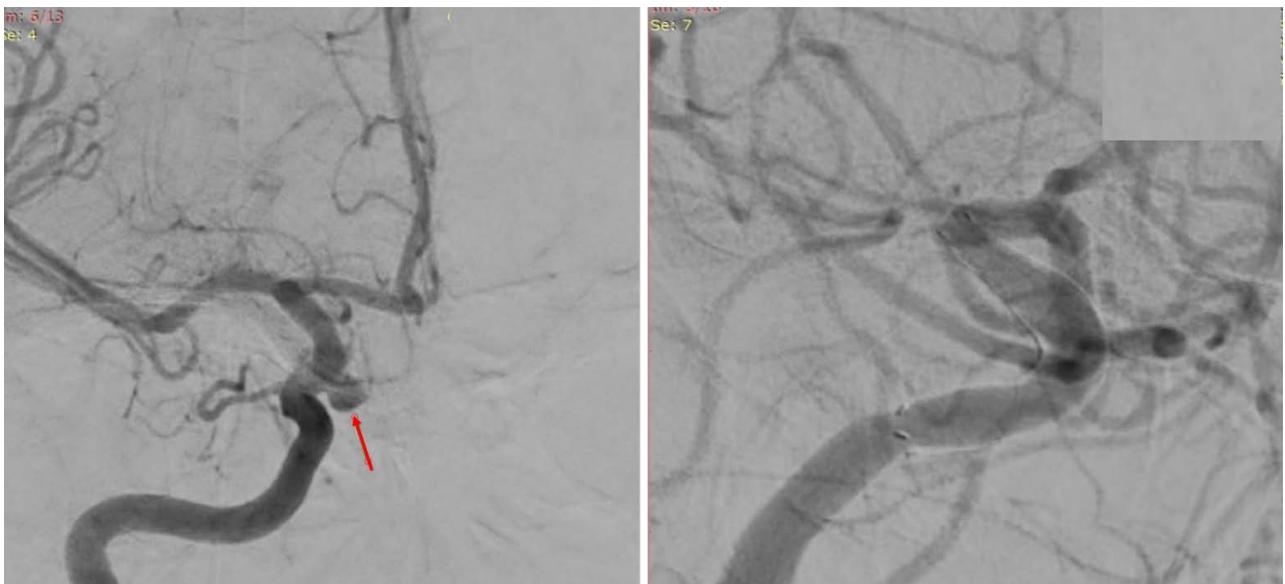


Рис. 2. Результаты ангиографии до стентирования (слева) и после стентирования (справа). До операции визуализируется мешотчатая аневризма типа D в офтальмическом сегменте ВСА, после стентирования аневризма не визуализируется, видны метки, определяющие положение стента во ВСА

Fig. 2. Angiography results before stenting (left) and after stenting (right). Before surgery, a saccular D type aneurysm in the ophthalmic segment of the ICA is visualized; after stenting, the aneurysm is not visible, labels determining the stent position in the ICA are visible

нервных волокон сетчатки в каждом сегменте и ОКТ с функцией ангиографии с исследованием макулярной зоны 3×3 мм и 6×6 мм с оценкой плотности сосудов и перфузии в поверхностном, глубоком и радиальном перипапиллярном капиллярных сплетениях (RTVue XR Avanti, *Optovue Inc.*, США).

Кроме этого, оценивался диаметр перипапиллярных артерий (СДА) и вен (СДВ). Измерение выполнялось с использованием программного обеспечения ARIA (Automated Retinal Image Analyzer) и встроенного режима оценки диаметра сосудов сетчатки в перипапиллярной зоне на en-face изображениях диска зрительного нерва (рис. 3).

Среди обследуемых пациентов в течение периода наблюдения у 4 человек появились жалобы на нарушение зрения. Для выявления ранних маркеров подобных осложнений им выполнялся персонифицированный анализ всех полученных ранее данных.

Статистический анализ проводился с исследованием макулярной с использованием IBM SPSS Statistics 23 версии. По количественным показателям представлены медианные значения. Сравнение групп по количественным показателям проводилось при помощи непараметрического критерия Манна–Уитни, оценка изменения количественных показателей

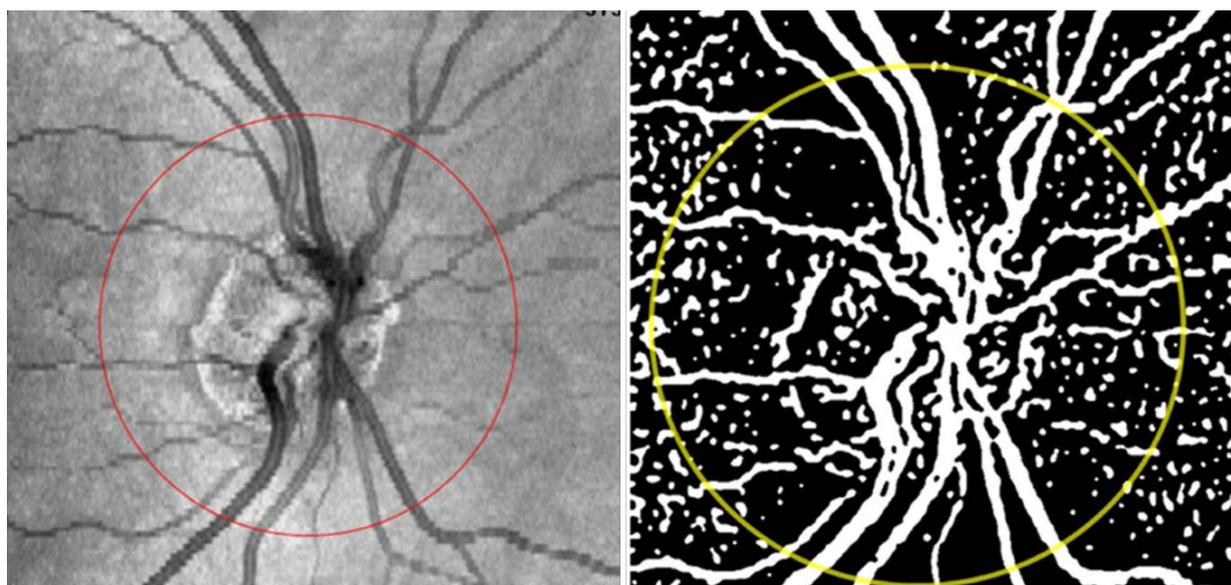


Рис. 3. Томограмма сетчатки (en-face изображение). Скелетизация сосудистой сети и измерение СДА и СДВ в перипапиллярной области

Fig. 3. Retinal tomographic image (en-face image). Skeletonization of the vascular net, and ADA and ADV measurement in the peripapillary area

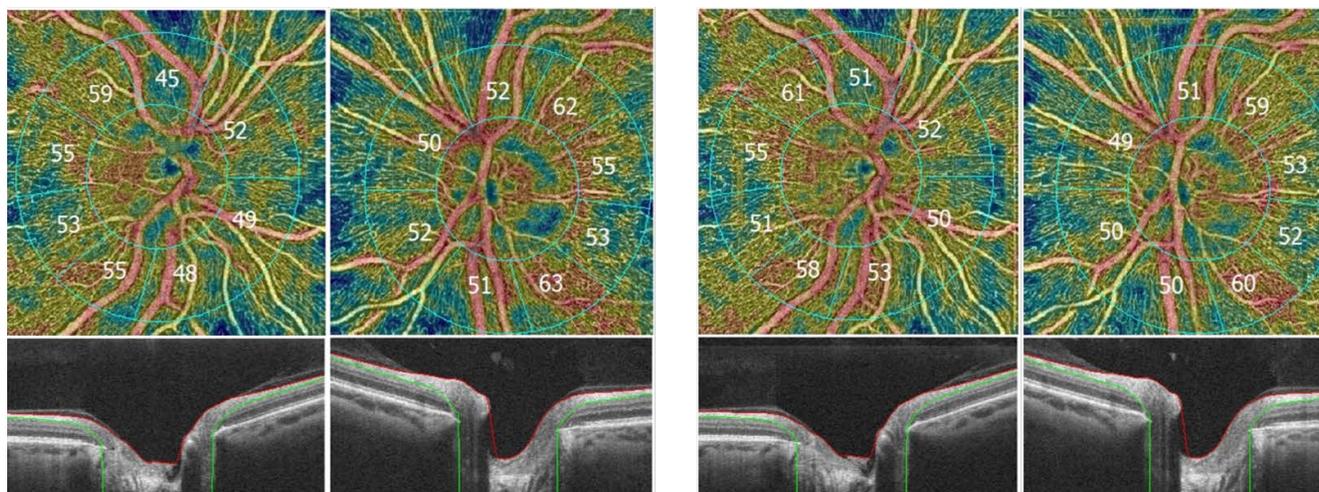


Рис. 4. En-face ангиограммы радиальных перипапиллярных капилляров у пациента с развившимися осложнениями на левом глазу. Данные до операции (слева) и после операции (справа). Обращает на себя внимание относительное снижение плотности сосудов на левом глазу перед операцией

Fig. 4. En-face angiograms of radial peripapillary capillaries in a patient with development of complications in the left eye. Preoperative data (on the left) and those after surgery (on the right). Conspicuous is the fact that there is a relative decrease in vascular density on the left eye before surgery

в динамике проводилась с применением непараметрического критерия Уилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение

После стентирования у 4 пациентов на стороне АОС-ВСА в срок от 3 до 14 суток отмечены зрительные нарушения в форме множественных эпизодов транзиторной монокулярной слепоты длительностью от 30 секунд до нескольких часов.

В предоперационном периоде средние показатели перфузии сетчатки на стороне аневризмы у пациентов со зрительными осложнениями значимо не отличались от показателей пациентов без таковых: плотность сосудов поверхностного капиллярного сплетения (ПСПКС) составила 48,3 против 50,8 ($P=0,461$), плотность сосудов глубокого капиллярного

сплетения (ПСПКС) – 50,1 против 51,5 ($P=0,319$), плотность радиальных перипапиллярных капилляров (РПК) – 52,2 против 51,0 ($P=0,323$) соответственно. Показатели СДА и СДВ не имели значимых отличий между пациентами с осложнениями и пациентами без них: СДА составил 79,4 мкм и 81,0 мкм ($P=0,133$), а СДВ 102,6 мкм и 103,8 мкм ($P=0,519$) соответственно.

При этом в анализе предоперационных карт плотности перфузии диска зрительного нерва (ДЗН) и сетчатки у двоих пациентов выявлены сегментарные дефекты кровотока в поверхностном и перипапиллярном капиллярных сплетениях.

При оценке показателей перфузии у пациентов со зрительными нарушениями отмечено уменьшение плотности перфузии на стороне поражения в сравнении с противоположным глазом по всем сплетениям:

показатели были меньше в ПСПКС на 1,0–4,2 %, в ПСГКС – на 1,3–7,2 %, а в ПРПК – на 2,1–3,0 %. По данным КПС до операции у пациентов со зрительными осложнениями отмечалось значимое уменьшение СДА на стороне поражения в сравнении с противоположным глазом (79,4 мкм против 85,3 мкм, $P < 0,001$), однако СДВ не имели значимых различий (102,6 мкм против 104,23 мкм, $P = 0,580$).

После операции отмечено значимое увеличение ПСПКС у пациентов на стороне поражения с 48,3 % до 51,2 % после ($P < 0,001$), увеличение ПСГКС с 50,1 % до 53,6 % ($P < 0,001$), ПРПК с 52,2 % до 54,1 % ($P < 0,001$), а значимых различий с глазом противоположной стороны получено не было. В то же время площадь выявленных дефектов перфузии не изменилась, динамики показателей СДА и СДВ также отмечено не было: СДА до и после операции составил 79,4 мкм и 80,0 мкм ($P = 0,271$), а СДВ – 102,6 мкм и 103,9 мкм ($P = 0,404$). Достоверная разница СДА между глазом на стороне поражения и противоположным глазом также отмечена и после операции – 80,0 мкм против 86,2 мкм ($P < 0,001$).

При анализе постоперационных карт плотности перфузии ДЗН и сетчатки у пациентов с ранее выявленными сегментарными дефектами кровотока в поверхностном и перипапиллярном капиллярных сплетениях, эти дефекты сохранились без значимых изменений. У остальных пациентов ни в дооперационном, ни в послеоперационном периоде микроциркуляторных нарушений сетчатки выявлено не было.

Заключение

Основной задачей хирургического лечения интракраниальных аневризм является сохранение кровотока в магистральном сосуде и его ветвях. Офтальмический сегмент ВСА является труднодоступным участком, в связи с этим операция открытого доступа – клипирование аневризмы, уступила место эндоваскулярным методам лечения: эмболизации аневризмы с помощью спирализации и установки поток-отклоняющего стента.

Используемый в представленном исследовании стент DERIVO 2 (Acandis Pforzheim, Германия) устанавливается в офтальмический сегмент ВСА, при этом глазная артерия перекрывается. Операцию выполняют только при наличии коллатерального кровотока между наружной сонной артерией и глазной артерией, подтвержденного тестом с баллонной окклюзией [14]. При раздувании баллона в офтальмическом сегменте ВСА происходит кратковременное перекрытие глазной артерии. Отсутствие жалоб на снижение зрения и отсутствие офтальмоскопических изменений во время выполнения процедуры косвенно свидетельствуют об адекватности коллатерального кровотока. Несмотря на это сохраняются риски тромбоза, эмболизации коллатералей, приводящих к снижению зрения как в острый, так и в поздний послеоперационный периоды. Ряд авторов описывает риск эмболизации центральной артерии сетчатки и ее ветвей у 39,6 % пациентов, перенесших стентирование ВСА. В большинстве случаев это происходило у пациентов с вариантом отхождения глазной артерии

от купола аневризмы. Предположительной причиной эмболии в таком случае мог являться турбулентный кровоток внутри аневризмы с перемещением эмболов в глазную артерию, а затем и в ретинальные сосуды [15].

Данные, полученные в текущем исследовании, подтверждают это предположение. У 4 из 17 пациентов (23,5 %) после стентирования офтальмического сегмента ВСА также имели место кратковременные эпизоды монокулярной слепоты. У двух из них ОКТА и калиброметрия ретинальных сосудов показала дефицит кровотока в глазной артерии еще до операции, а у оставшихся – возможной причиной являлись тромботические осложнения.

Проведенное пилотное исследование показало, что предоперационное обнаружение локальных дефектов капиллярной перфузии сетчатки и ДЗН, а также асимметрия калибра перипапиллярных артериол при АОС-ВСА могут являться маркерами недостаточности коллатерального кровотока, проявляющейся появлением транзиторных эпизодов монокулярной слепоты после стентирования.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Литература / References

1. Beatty RA. Splitting of the optic nerve by a carotid-ophthalmic artery aneurysm. Case report J. Neurosurg. 1986;65(4):560-562. Doi: 10.3171/jns.1986.65.4.0560.
2. Michishita S, Ishibashi T, Yuki I, Urashima M, Karagiozov K, Kodama T, Kan I, Nishimura K, Kato N, Ikemura A, Murayama Y. Visual complications after coil embolization of internal carotid artery aneurysms at the ophthalmic segment. Interv Neuroradiol. 2021;27(5):622-630. Doi: 10.1177/1591019921996886.
3. Kachhara R, Nair S, Nigam P. Ophthalmic segment aneurysms: surgical treatment and outcomes. J Neurosci Rural Pract. 2021;12(4):635-641. Doi: 10.1055/s-0041-1734002.
4. Krayenbühl H. Treatment of carotid-cavernous fistula consisting of a one-stage operation by muscle embolization of the fistulous carotid segment. In book: Microvascular Surgery. Stuttgart, Thieme, 1967:151-167.
5. Day AL. Aneurysms of the ophthalmic segment. A clinical and anatomical analysis. J Neurosurg. 1990;72(5):677-691. Doi: 10.3171/jns.1990.72.5.0677.
6. Heller RS, Lawlor CM, Hedges TR 3rd, Bababekov YJ, Safain MG, Malek AM. Neuro-ophthalmic effects of stenting across the ophthalmic artery origin in the treatment of intracranial aneurysms. J Neurosurg. 2014;121(1):18-23. Doi: 10.3171/2014.3.JNS131493.
7. Griessenauer CJ, Ogilvy CS, Foreman PM, Chua MH, Harrigan MR, Stapleton CJ et al. Pipeline embolization device for small paraophthalmic artery aneurysms with an emphasis on the anatomical relationship of ophthalmic artery origin and aneurysm. J Neurosurg. 2016;125(6):1352-1359. Doi: 10.3171/2015.12.JNS152499.
8. Sherif C, Gruber A, Dorfer C, Bavinzski G, Standhardt H, Knosp E. Ruptured carotid artery aneurysms of the ophthalmic (C6) segment: clinical and angiographic long term follow-up of a multidisciplinary management strategy. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2009;80(11):1261-1267. Doi: 10.1136/jnnp.2008.170860.

9. Fiorella D, Woo HH, Albuquerque FC et al. *Definitive reconstruction of circumferential, fusiform intracranial aneurysms with the Pipeline embolization device. Neurosurgery.* 2008;62(5):1115-1120; discussion 1120-1121. Doi: 10.1227/01.NEU.0000313128.12325.14.

10. De Jesus O, Sekhar LN, Riedel CJ. *Clinoid and paraclinoid aneurysms: surgical anatomy, operative techniques, and outcome. Surg Neurol.* 1999;51:477-487. Doi: 10.1016/S0090-3019(98)00137-2.

11. Yu JW, Shim YS, Lee JW et al. *Vision outcomes of endovascular treatment for unruptured ophthalmic artery aneurysms. World Neurosurg.* 2018;116:e1223-e1229. Doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.238.

12. Molyneux AJ, Birks J, Clarke A, Sneade M, Kerr RS. *The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). Lancet.* 2015;385(9969):691-697. Doi: 10.1016/S0140-6736(14)60975-2.

13. Pierot L, Cognard C, Ricolfi F, Anxionnat R; CLARITY Investigators. *Immediate anatomic results after the endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms: analysis in the CLARITY series. AJNR Am J Neuroradiol.* 2010;31(5):907-911. Doi: 10.3174/ajnr.A1954.

14. Kim B, Jeon P, Kim K et al. *Endovascular treatment of unruptured ophthalmic artery aneurysms: clinical usefulness of the balloon occlusion test in predicting vision outcomes after coil embolization. J Neurointerv Surg.* 2016;8(7):696-701. Doi: 10.1136/neurintsurg-2015-011800.

15. Rouchaud A, Leclerc O, Benayoun Y et al. *Visual outcomes with flow-diverter stents covering the ophthalmic artery for treatment of internal carotid artery aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol.* 2015;36(2):330-336. Doi: 10.3174/ajnr.A4129.

Информация об авторах

Тургель Вадим Алексеевич – ассистент кафедры общей врачебной практики, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова – филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: zanoza194@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3049-1974, Scopus Author ID: 57205586145, eLibrary SPIN: 7319-2560.

Мансуров Ахмед Саипович – аспирант кафедры нейрохирургии ИМО ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава

России, Северо-западный окружной научно-клинический центр им. Л. Г. Соколова федерального медико-биологического агентства, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова – филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: fufeluser@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8899-9338.

Патрина Екатерина Андреевна – студент 6-го курса лечебного факультета, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: katunya_pat@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8736-3677.

Руснак Максим Вячеславович – студент 5-го курса лечебного факультета, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: maksimrusnak055@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5414-0883.

Тутьцева Светлана Николаевна – д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: tultceva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9423-6772; Scopus Author ID: 57194338755, eLibrary SPIN: 3911-0704.

Authors information

Turgel Vadim A. – MD, Assistant, General Medical Practice Department, Pavlov University, Polenov Neurosurgical Institute – branch of Almazov National medical research Centre, Saint Petersburg, Russia, e-mail: zanoza194@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3049-1974, Scopus Author ID: 57205586145, eLibrary SPIN: 7319-2560.

Mansurov Ahmed S. – MD, Postgraduate Student, Department of Neurosurgery of Almazov National Medical Research Centre, North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency, Polenov Neurosurgical Institute – branch of Almazov National medical research Centre, Saint Petersburg, Russia, e-mail: fufeluser@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8899-9338.

Patrina Ekaterina A. – 6th-year Student, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: katunya_pat@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8736-3677.

Rusnak Maksim V. – 5th-year Student, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: maksimrusnak055@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5414-0883.

Tultseva Svetlana N. – MD, Dr. of sci. (Med.), Professor of ophthalmology chair with clinic, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: tultceva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9423-6772, Scopus Author ID: 57194338755, eLibrary SPIN: 3911-0704.