

## Влияние стентирования внутренней сонной артерии на васкуляризацию структур головного мозга

© Д.Г. ИОСЕЛИАНИ<sup>1,2</sup>, Т.С. САНДОДЗЕ<sup>2</sup>, Ю.Н. ЮСЕФ<sup>3</sup>, М.Х. ДУРЖИНСКАЯ<sup>3</sup>, Э.Э. КАЗАРЯН<sup>3</sup>, С.П. СЕМИТКО<sup>1,2</sup>, Н.В. ЦЕРЕТЕЛИ<sup>1,2</sup>, В.Н. ПАВЛОВ<sup>3</sup>, Д.З. МАСАЕВА<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Институт профессионального образования, кафедра интервенционной кардиоангиологии, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Научно-практический центр интервенционной кардиоангиологии, Москва, Россия;

<sup>3</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней им. М.М. Краснова», Москва, Россия

### Резюме

Исследование микроциркуляции структур головного мозга после стентирования внутренней сонной артерии (ВСА) является малоизученным и актуальным направлением. Для решения этого вопроса мы изучали кровообращение глаза, который является частью центральной нервной системы и питается из ВСА.

**Цель.** Изучить влияние стентирования ВСА на васкуляризацию глаз в ближайшем периоде.

**Материалы и методы.** В исследование включены 92 пациента с унилатеральным или билатеральным стенозом ВСА  $\geq 70\%$ , которым выполнялось стентирование одной из двух ВСА. До вмешательства и спустя 3—7 дней больным проводилась оптическая когерентная томография (ОКТА) с измерением плотности микрососудистой сети в режимах VAD (метод бинаризации изображения) и VSD (метод скелетизации) в поверхностном (SCP) и глубоком (DCP) слоях сетчатки макулярной области в зоне 6×6 мм (VAD SCP MZ 6×6 мм, VAD DCP MZ 6×6 мм, VSD SCP MZ 6×6 мм, VSD DCP MZ 6×6 мм), а также в перипапиллярной (RPC) области на участке 4×4 мм (VAD RPC 4×4 мм, VSD RPC 4×4 мм). В зависимости от расположения исследуемого глаза к стентированной ВСА было получено две группы: 1-я — ипсилатеральные глаза, 2-я — контралатеральные глаза. По исходным параметрам ОКТА между ипсилатеральными и контралатеральными глазами достоверных различий не выявлено.

**Результаты.** После стентирования ВСА отмечалось статистически значимое увеличение показателей VAD DCP MZ 6×6 мм и VSD DCP MZ 6×6 мм как в ипсилатеральных глазах ( $p=0,01$  и  $p<0,01$  соответственно), так и в контралатеральных ( $p=0,03$  и  $p=0,01$  соответственно), что свидетельствует об улучшении микроциркуляции в глубоком сплетении сетчатки.

**Заключение.** Мониторинг васкуляризации сетчатки глаза как одной из структур головного мозга может служить удобной моделью для оценки эффективности стентирования ВСА относительно перфузии головного мозга.

**Ключевые слова:** стентирование внутренней сонной артерии, кровообращение глаза, кровообращение головного мозга.

### Информация об авторах:

Иоселиани Д.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-6425-7428>

Сандодзе Т.С. — <https://orcid.org/0000-0003-4540-7747>

Юсеф Н.Ю. — <https://orcid.org/0000-0003-4043-456X>

Дуржинская М.Х. — <https://orcid.org/0000-0002-3806-3985>

Казарян Э.Э. — <https://orcid.org/0000-0003-0391-4695>

Семитко С.П. — <https://orcid.org/0000-0002-1268-5145>

Церетели Н.В. — <https://orcid.org/0000-0003-1517-5244>

Павлов В.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-6744-4907>

Масаева Д.З. — <https://orcid.org/0000-0001-6602-2438>

**Автор, ответственный за переписку:** Сандодзе Т.С. — e-mail: doc.sandodze@mail.ru

### Как цитировать:

Иоселиани Д.Г., Сандодзе Т.С., Юсеф Ю.Н., Дуржинская М.Х., Казарян Э.Э., Семитко С.П., Церетели Н.В., Павлов В.Н., Масаева Д.З. Влияние стентирования внутренней сонной артерии на васкуляризацию структур головного мозга. *Кардиологический вестник*. 2024;19(4-1):59–65. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241904159>

## Effect of internal carotid artery stenting on brain vascularization

© D.G. IOSELIANI<sup>1,2</sup>, T.S. SANDODZE<sup>2</sup>, YU.N. YUSEF<sup>3</sup>, M.KH. DURZHINSKAYA<sup>3</sup>, E.E. KAZARYAN<sup>3</sup>, S.P. SEMITKO<sup>1,2</sup>, N.V. TSERETELI<sup>1,2</sup>, V.G. PAVLOV<sup>3</sup>, D.Z. MASAЕVA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Professional Education, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Center of Interventional Cardioangiology, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Krasnov Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

**Abstract**

Cerebral microcirculation after internal carotid artery (ICA) stenting is an insufficiently explored and relevant area of research. To address this question, we studied blood circulation in the eye as a part of central nervous system supplied through ICA.

**Objective.** To evaluate the effect of ICA stenting on eye vascularization in early period.

**Materials and methods.** The study included 92 patients with unilateral or bilateral ICA stenosis  $\geq 70\%$  who underwent stenting of one ICA. Prior to the intervention and 3—7 days later, patients underwent optical coherence tomography (OCT). We measured microvascular network density using VAD (image binarization method) and VSD (skeletonizing method) modes in superficial (SCP) and deep (DCP) layers of macular retina in the area 6×6 mm (VAD SCP MZ 6×6 mm, VAD DCP MZ 6×6 mm, VSD SCP MZ 6×6 mm, VSD DCP MZ 6×6 mm) and in peripapillary (RPC) region in the area 4×4 mm (VAD RPC 4×4 mm, VSD RPC 4×4 mm). We distinguished 2 groups depending on eye lateralization: group 1 — ipsilateral eyes, group 2 — contralateral eyes. There were no differences in baseline OCTA parameters between ipsilateral and contralateral eyes.

**Results.** ICA stenting was followed by significant increase of VAD DCP MZ 6×6 mm and VSD DCP MZ 6×6 mm in ipsilateral ( $p=0.01$  and  $p<0.01$ , respectively) and contralateral eyes ( $p=0.03$  and  $p=0.01$ , respectively). This indicated better microcirculation in deep retinal plexus.

**Conclusion.** Monitoring of retinal vascularization may be convenient for assessing the efficacy of ICA stenting regarding brain perfusion.

**Keywords:** internal carotid artery stenting, eye vascularization, brain circulation.

**Information about the authors:**

Ioseliani D.G. — <https://orcid.org/0000-0001-6425-7428>

Sandodze T.S. — <https://orcid.org/0000-0003-4540-7747>

Yusef Yu.N. — <https://orcid.org/0000-0003-4043-456X>

Durzhinskaya M.Kh. — <https://orcid.org/0000-0002-3806-3985>

Kazaryan E.E. — <https://orcid.org/0000-0003-0391-4695>

Semitko S.P. — <https://orcid.org/0000-0002-1268-5145>

Tsereteli N.V. — <https://orcid.org/0000-0003-1517-5244>

Pavlov V.G. — <https://orcid.org/0000-0001-6744-4907>

Masaeva D.Z. — <https://orcid.org/0000-0001-6602-2438>

**Corresponding author:** Sandodze T.S. — e-mail: [doc.sandodze@mail.ru](mailto:doc.sandodze@mail.ru)

**To cite this article:**

Ioseliani DG, Sandodze TS, Yusef YuN, Durzhinskaya MH, Kazaryan EE, Semitko SP, Tsereteli NV, Pavlov VG, Masaeva DZ.

Effect of internal carotid artery stenting on brain vascularization. *Russian Cardiology Bulletin*. 2024;19(4-1):59–65. (In Russ.).

<https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241904159>

**Введение**

Инсульт головного мозга занимает третье место в мире по смертности, достигая 30%. У взрослой группы населения самой частой причиной ишемического инсульта, также как и транзиторных ишемических атак (ТИА), является стенозирующе-окклюзирующий атеротромбоз. Наиболее эффективным методом предупреждения и лечения указанных осложнений является каротидная эндартерэктомия (КЭАЭ) и каротидное стентирование (КС) сонных артерий (СА). Эти лечебные процедуры приводят к существенному улучшению кровоснабжения структур головного мозга, что на макроvascularном уровне подтверждается такими методами исследования, как контрастная ангиография, компьютерная или магнитно-резонансная томография и ультразвуковая доплерография (УЗДГ). В меньшей степени изучено влияние этих лечебных процедур на микроциркуляцию структур головного мозга, что обусловлено ограниченными возможностями имеющихся клинико-инструментальных методов исследования. Для решения этого вопроса, по нашему мнению, целесообразно исследовать кровообращение глаза, который является частью центральной нервной системы и питается из внутренней сонной артерии (ВСА). Сетчатка представляет собой уникальную структуру, доступную для изучения *in vivo*. Сегодня имеются все необходимые технические возможности

для исследования макро- и микроциркуляции глаза [1, 2]. Однако публикаций, посвященных кровоснабжению глаза после восстановления кровотока в СА путем стентирования, крайне мало [3, 4].

Целью исследования явилось изучение ближайших результатов стентирования ВСА и влияния этой процедуры на васкуляризацию глаз.

**Материалы и методы**

В исследование были включены 234 пациента с унилатеральным или билатеральным стенозом ВСА  $\geq 70\%$ , которым в Научно-практическом центре интервенционной кардиоангиологии (Сеченовский Университет) было выполнено стентирование одной из двух ВСА. В табл. 1 представлены клинико-anamnestические и лабораторные данные исследованных пациентов.

Средний возраст больных был 69 лет. Большую часть пациентов составили мужчины (66,7%). У 6 (2,6%) пациентов стентирование ВСА было выполнено в связи с рестенозом после операции КЭАЭ. Более половины исследуемых были асимптомны. Между тем у симптомных пациентов чаще, чем у асимптомных, выявляли гиперхолестеринемию ( $p=0,006$ ); фибрилляцию предсердий в анамнезе ( $p=0,047$ ); синдром Лериша ( $p=0,046$ ). Также симптомные пациенты

Таблица 1. Клинико-anamnestические и лабораторные данные пациентов

Table 1. Clinical, anamnestic and laboratory data of patients

Параметры	Все пациенты (n=234)	Пациенты с симптомами ишемии (n=90)	Пациенты без симптомов ишемии (n=144)	p
Возраст, лет	69,8±5,4	67,6±4,8	68,8±7,5	0,919
Возраст >75 лет, n (%)	55 (23,5)	24 (26,7)	31 (21,5)	0,367
Мужской пол, n (%)	156 (66,7)	61 (67,8)	95 (66,0)	0,776
Курение, n (%)	97 (41,5)	39 (43,3)	58 (40,3)	0,644
Гиперхолестеринемия (>5 ммоль/л), n (%)	101 (43,2)	49 (54,4)	52 (36,1)	0,006
Артериальная гипертензия, n (%)	209 (89,3)	80 (88,9)	129 (89,6)	1,000
Сахарный диабет, n (%)	70 (29,9)	26 (28,9)	44 (30,6)	0,786
Фибрилляция предсердий (в анамнезе), n (%)	47 (20,1)	24 (26,70)	23 (16)	0,047
Стентирование коронарной артерии (в анамнезе), n (%)	128 (54,7)	52 (57,8)	76 (52,8)	0,455
Стентированы обе внутренние сонные артерии, n (%)	20 (8,5)	10 (11,1)	10 (6,9)	0,337
Стентирована только левая внутренняя сонная артерия, n (%)	119 (50,9)	43 (47,8)	76 (52,8)	0,457
Стентирована только правая внутренняя сонная артерия, n (%)	135 (57,7)	57 (63,3)	78 (54,2)	0,167
Поражение контрлатеральной внутренней сонной артерии ≥50%, n (%)	218 (93,2)	60 (66,7)	86 (59,7)	0,286

в подавляющем большинстве случаев имели в анамнезе цереброваскулярные события в бассейне стенозированной ВСА (инсульт, ТИА и амврозафугакс). В 82% случаев ранее были выполнены либо эндоваскулярные процедуры на коронарных артериях, либо аортокоронарное шунтирование.

Показанием к эндоваскулярной реваскуляризации ВСА служили совокупные данные клиники и контрастной ангиографии/компьютерной томографии с контрастированием ВСА. Степень стеноза ВСА оценивали по критериям NASCET. У симптомных пациентов стентирование ВСА, как правило, выполняли при наличии стеноза более 50%, а у бессимптомных больных — более 75%. Противопоказанием к выполнению стентирования ВСА являлись: полная окклюзия; наличие флотирующего тромба; выраженная извитость или грубый футлярный кальциноз; наличие противопоказаний к двойной антитромбоцитарной терапии.

За сутки до процедуры все пациенты получали т.н. «нагрузочную» дозу клопидогреля (300 мг) и ацетилсалициловой кислоты (500 мг). После стентирования ВСА пациенты не менее 4 нед принимали ацетилсалициловую кислоту в дозе 100 мг и клопидогрель в дозе 75 мг. Далее на длительный срок рекомендовали прием ацетилсалициловой кислоты в дозе 100 мг.

Практически все процедуры стентирования ВСА были проведены академиком РАН Д.Г. Иоселиани по стандартной методике с обязательным использованием противомембранного защитного устройства и проведением баллонной постдилатации стентированного участка. Процедуру выполняли доступом через общую бедренную артерию под местной анестезией. Пациентам вначале процедуры внутривенно болюсно вводили гепарин в дозе 5000 МЕ и на протяжении всей процедуры показатель времени активированного свертывания поддерживали не ниже 250 сек. Для имплантации использовали один из представленных саморасширяемых стентов: «Protégé» (EV3); «Acculink» (Abbot Vascular); «CarotidWallstent» (Boston Scientific).

Во избежание выраженной брадикардии или асистолии, что является характерным для процедуры стентиро-

вания ВСА, всем пациентам в зависимости от уровня частоты пульса на момент установки стента внутривенно вводили разные дозы атропина (0,5—1,0 мл). По завершении стентирования, помимо ангиографического контроля, пациентам выполняли дуплексное сканирование ВСА. Каждому пациенту проводили детальную оценку неврологического статуса до процедуры, во время манипуляции и в течение первых 24 ч после стентирования.

### Статистическая обработка

Результаты исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel, 2016. При статистической обработке результатов использовали программу IBM SPSS Statistics 26.0 (США). Проверку нормальности распределения проводили методом Колмогорова—Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Количественный показатель был представлен в виде медианы (Me) с интерквартильным размахом (Q1—Q3) при ненормальном распределении данных. Межгрупповые различия оценивали при помощи U-критерия Манна—Уитни при ненормальном распределении данных. Сравнительный анализ независимых категориальных переменных проводили с применением  $\chi^2$  Пирсона, либо точного теста Фишера. Номинальный показатель представлялся абсолютным числом наблюдений, приведена процентная доля признака в подгруппах. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости принимали  $p < 0,05$ .

У 92 из 234 пациентов, которым было выполнено стентирование ВСА, изучали васкуляризацию глаз как до, так и в течение 3—7 дней после процедуры. Критериями исключения по общесоматическому статусу являлись: инсультзависимый или декомпенсированный сахарный диабет 2-го типа; артериальная гипертензия, резистентная к ме-

**Таблица 2.** Клинико-anamнестические и лабораторные данные пациентов ( $n=92$ )**Table 2.** Clinical, anamnestic and laboratory data of patients ( $n=92$ )

Параметры	Показатели
Возраст, лет	66,2±8,9
Мужской пол, $n$ (%)	91 (49,4)
Инсульт, транзиторная ишемическая атака в анамнезе, $n$ (%)	93 (50,5)
Стентирование коронарных артерий в анамнезе, $n$ (%)	25 (78,3)
Гемодинамический не значимый стеноз контралатеральной внутренней сонной артерии, $n$ (%)	19 (59,3)
Артериальная гипертензия, $n$ (%)	27 (84,3)
Гиперлипидемия, $n$ (%)	2 (6,2)

дикаментозной терапии. Офтальмологическими критериями исключения являлись: помутнение оптических сред, затрудняющее визуализацию глазного дна; другие виды патологии глазного дна, усложняющие оценку микроциркуляторного русла (возрастная макулярная дегенерация; ретинальные артериальные и венозные окклюзии; диабетическая ретинопатия; миопическая макулопатия; ишемическая оптиконеуропатия; глаукома).

До стентирования ВСА всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование (визометрию, биомикроскопию и офтальмоскопию), по данным которого в большинстве случаев отсутствовали клинические проявления глазного ишемического синдрома. Специальное офтальмологическое обследование включало выполнение оптической когерентной томографии (ОКТА) с помощью прибора SOCT Copernicus REVO («Optopol Technology Sp. Zo.o», Польша) одним и тем же исследователем при равных условиях [5–8]. Проводилась оценка плотности микрососудистой сети в режимах VAD и VSD в поверхностном (SCP) и глубоком (DCP) слоях сетчатки макулярной области в зоне 6×6 мм (VAD SCP MZ 6×6 мм, VAD DCP MZ 6×6 мм, VSD SCP MZ 6×6 мм, VSD DCP MZ 6×6 мм), а также в перипапиллярной (RPC) области на участке 4×4 мм (VAD RPC 4×4 мм, VSD RPC 4×4 мм). В режиме VAD использовали метод бинаризации изображения (цифровое представление изображения, где каждый пиксель имеет либо черный, либо белый цвет). После прохождения бинаризации выполняли подсчет белых пикселей и деление этого показателя на общую сумму всех пикселей

рассматриваемой области. Результат представлял собой безразмерную величину, варьирующуюся от 0 (без перфузии) до 100 (полная перфузия) ( $\text{мм}^2/\text{мм}^2$ ). В режиме VSD использовали метод скелетизации изображения (сосудистое русло представлено в виде тонких ветвящихся линий, в котором значение имеет их суммарная длина). После прохождения скелетизации выполняли подсчет белых пикселей.

Клинико-anamнестическая и лабораторная характеристика пациентов представлена в **табл. 2**. Средний возраст больных составил 66 лет. В подавляющем большинстве это были асимптомные пациенты.

В зависимости от расположения глаз к стентированной ВСА проводилось разделение на группы: 1-я — ипсилатеральные глаза, расположенные со стороны оперированной ВСА; 2-я — контралатеральные глаза на противоположной стороне от стентированной ВСА.

В **табл. 3** представлены результаты сравнения исходных показателей васкуляризации глаз в изученных группах (по данным ОКТА).

При сравнении исходных параметров ОКТА в ипсилатеральных и контралатеральных глазах значимых различий найдено не было ( $p>0,05$ ). Одним из возможных объяснений отсутствия различий может служить тот факт, что у большинства пациентов имелись умеренные изменения второй ВСА на противоположной стороне.

## Результаты

Следует отметить, что у 7,3% больных не удалось выполнить прямое стентирование ВСА ввиду резкого стенозирования. В связи с чем вначале была выполнена баллонная преддилатация и непосредственно после этого стентирование ВСА. Степень остаточного стеноза составила в среднем 14,5%. В ближайшем послеоперационном периоде ни у одного из пациентов не наблюдалось больших сердечно-сосудистых событий. По данным УЗДГ *in-stent* стенозов также не было выявлено. В **табл. 4** представлены некоторые детали процедуры стентирования ВСА.

Сравнительный анализ пациентов, имевших симптомы ишемии головного мозга, и асимптомных больных не выявил значимой разницы по частоте осложнений или технических особенностей (**табл. 4, 5**).

В постпроцедурном госпитальном периоде серьезных осложнений (тромбозов стентов, инсультов, смертей) не наблюдалось.

В среднем через 9,3 мес у 117 пациентов были изучены отдаленные клинические результаты (**табл. 6**). Значи-

**Таблица 3.** Сравнение показателей VAD и VSD на уровне SCP и DCP в макулярной области и перипапиллярной зоне до операции на ипсилатеральной и контралатеральной стороне**Table 3.** Comparison of VAD and VSD at the SCP and DCP levels in macular region and peripapillary zone before surgery on ipsilateral and contralateral sides.

Параметры оптической когерентной томографии	Значения на ипсилатеральной стороне, $M\pm SD$	Значения на контралатеральной стороне, $M\pm SD$	Значимость попарного сравнения, $p$
VAD RPC 4×4	36,79	36,41	0,53
VSD RPC 4×4	21,01	21,05	0,78
VAD SCP MZ 6×6 мм	35,9	36,0	0,49
VSD SCP MZ 6×6 мм	23,52	23,0	0,92
VAD DCP MZ 6×6 мм	39,04	38,91	0,88
VSD DCP MZ 6×6 мм	25,59	25,7	0,57

**Таблица 4. Некоторые технические детали процедуры стентирования внутренней сонной артерии**  
**Table 4. Technical details of ICA stenting**

Параметры	Все пациенты (n=234)	Пациенты с симптомами ишемии (n=90)	Пациенты без симптомов ишемии (n=144)	p
Противоэмболические устройства, n (%)	231 (98,7)	89 (98,9)	142 (98,6)	1,000
Система дистальной защиты головного мозга, n (%)	228 (98,7)	87 (97,8)	141 (99,3)	0,871
Система проксимальной защиты головного мозга, n (%)	3 (1,3)	2 (2,2)	1 (0,7)	0,664
Баллонная преддилатация, n (%)	17 (7,3)	7 (7,8)	10 (6,9)	0,801
Баллонная постдилатация, n (%)	189 (80,8)	73 (81,1)	116 (80,6)	0,916
Длина стента, мм	40 (30–40)	40 (30–40)	40 (30–40)	0,664
Ширина стента, Me (Q1–Q3), мм	7 (6–7)	7 (6–7)	7 (6–7)	0,667

мой разницы по частоте рестеноза у пациентов с наличием или отсутствием симптомов ишемии обнаружено не было.

В табл. 7 представлены гемодинамические параметры в ипсилатеральных и контралатеральных глазах до и после операции.

После стентирования ВСА отмечалось статистически значимое увеличение параметров микроциркуляции, т.е. улучшение васкуляризации сетчатки на уровне глубокого сосудистого сплетения (DCP) как на ипсилатеральных, так и на контралатеральных глазах ( $p < 0,05$ ). При этом такие параметры ОКТА, как VAD RPC 4×4, VSD RPC 4×4, VAD SCP MZ 6×6 мм, VSD SCP MZ 6×6 мм не изменялись ( $p > 0,05$ ).

## Обсуждение

Проведенное исследование показало, что стентирование является безопасным и эффективным методом восстановления нарушенного кровотока в ВСА, что согласуется и с литературными данными. Однако следует отметить, что имеется крайне мало публикаций по микроциркуляции глаза до и после процедур реваскуляризации ВСА. Значительный интерес представляет исследование L. Lahme и соавт. (2018), в котором показатели VAD у пациентов со значимым стенозом ВСА были снижены по сравнению со здоровыми лицами [3]. При этом не обнаружено значимой разницы в ипсилатеральных и контралатеральных глазах. После КС было отмечено значительное улучшение кровотока в RPC, тогда как существенных изменений в показателях SCP и DCP макулярной области не наблюдалось. В исследовании C.W. Lee и соавт. (2019) выявлено значительное увеличение VAD на уровне DCP сетчатки в обоих глазах после КС [5]. Отмечалось также увеличение VAD на уровне SCP противоположного глаза. В нашем исследовании оказалось, что до процедуры стентирования ВСА не было выявлено статистически значимых различий между исходными гемодинамическими показателями в глазах, как на стороне стенозированной, так и на стороне нестенозированной ВСА. В раннем постоперационном периоде (3–7 дней) в ипсилатеральных глазах наблюдалось увеличение VAD и VSD на уровне DCP в макулярной области ( $p \leq 0,05$ ). В контралатеральных глазах после КС отмечалось статистически значимое ( $p \leq 0,05$ ) повышение уровня параметров микроциркуляции по данным ОКТА, а именно VAD DCP MZ 6×6 мм, VSD DCP MZ 6×6 мм. Однако следует

**Таблица 5. Интра- и периоперационные осложнения**  
**Table 5. Intra- and perioperative complications**

Осложнения Complications	Все пациенты (n=234)	Пациенты с симптомами ишемии (n=90)	Пациенты без симптомов ишемии (n=144)	p
Все осложнения, n (%)	20 (8,5)	7 (7,8)	13 (9,0)	1,000
Транзиторная ишемическая атака, n (%)	6 (2,6)	4 (4,4)	2 (1,4)	0,208
Инсульт, n (%)	6 (2,6)	3 (3,3)	3 (2,1)	0,678
Смерть, n (%)	2 (0,9)	1 (1,1)	1 (0,7)	1,000
Гематома, n (%)	6 (2,6)	1 (1,1)	5 (3,5)	0,410
Забрюшинная гематома, n (%)	3 (1,3)	1 (1,1)	2 (1,4)	1,000
Миграция стента, n (%)	1 (0,4)	0 (0)	1 (0,7)	1,000
Гематома шеи, n (%)	1 (0,4)	0 (0)	1 (0,7)	1,000

особо отметить, что при этом не было выявлено статистически значимых изменений VAD и VSD в глазах на уровне RPC и SCP ни с ипсилатеральной, ни с контралатеральной сторон ( $p \geq 0,05$ ). Отсутствие каких-либо значимых изменений VAD и VSD на уровне RPC можно объяснить исследованиями ряда авторов, которые при гистологическом исследовании показали, что RPC состоит из длинных прямых капилляров, идущих параллельно пучкам нервных волокон с редкими анастомозами с другими сосудами. Следовательно, вполне возможно допустить, что сигнал кровотока от этих крупных перипапиллярных сосудов RPC экранирует (глушит) сигнал подлежащих сосудистых сплетений, и именно это обстоятельство не позволяло выявить в нашем исследовании каких-либо существенных изменений VAD и VSD после процедуры стентирования ВСА.

Для более убедительного утверждения того, что динамические изменения показателей микроциркуляторного русла сетчатки на уровне SCP после стентирования на самом деле отсутствуют, необходимо дополнительное изуче-

Таблица 6. Отсроченный период

Table 6. Delayed period

Осложнения	Все пациенты (n=117)	Пациенты с симптомами ишемии (n=46)	Пациенты без симптомов ишемии (n=71)	p
In-stent стеноз, n (%)	14 (11,9)	8 (17,4)	6 (8,5)	0,386
Инсульт/ транзиторная ишемическая атака в бассейне стентированной внутренней сонной артерии, n (%)	5 (6,7%)	3 (8,8%)	2 (5%)	0,076
Смерть, n (%)	3 (2,5%)	2 (4,3%)	1 (1,4%)	0,079

Таблица 7. Показатели VAD и VSD в поверхностных и глубоких сосудистых сплетениях макулярной области и перипапиллярной зоне в ипсилатеральных глазах до и после стентирования ВСА

Table 7. VAD and VSD in superficial and deep choroid plexuses of macular region and peripapillary zone in ipsilateral eyes before and after ICA stenting

Параметры оптической когерентной томографии и флоуметрии	До операции, M±SD	После операции, M±SD	Значимость попарного сравнения, p
VAD RPC 4×4	36,79	36,8	0,12
VSD RPC 4×4	21,01	20,99	0,62
VAD SCP MZ 6×6 мм	35,9	35,9	0,58
VSD SCP MZ 6×6 мм	23,52	23,98	0,09
VAD DCP MZ 6×6 мм	39,04	41,18	0,01
VSD DCP MZ 6×6 мм	25,59	27,12	<0,01

Таблица 8. Показатели VAD и VSD в поверхностных и глубоких сосудистых сплетениях макулярной области и перипапиллярной зоне в контралатеральных глазах до и после стентирования ВСА

Table 8. VAD and VSD in superficial and deep choroid plexuses of macular region and peripapillary zone in contralateral eyes before and after ICA stenting

Параметры оптической когерентной томографии и флоуметрии	До операции, M±SD	После операции, M±SD	Значимость попарного сравнения, p
VAD RPC 4×4	36,41	36,39	0,52
VSD RPC 4×4	21,05	21,72	0,74
VAD SCP MZ 6×6 мм	36,0	36,41	0,65
VSD SCP MZ 6×6 мм	23,0	23,55	0,06
VAD DCP MZ 6×6 мм	38,91	40,50	0,03
VSD DCP MZ 6×6 мм	25,59	26,72	0,01

ние данного вопроса с применением программного обеспечения для анализа микроциркуляции в RPC с возможным подавлением сигнала от крупных сосудов.

Таким образом, проведенное нами исследование показало, что у пациентов с гемодинамически значимым стенозом одной ВСА стентирование способствовало улучшению метаболизма и параметров микроциркуляции сетчатки и глазного кровотока не только с ипсилатеральной, но и с контралатеральной стороны. Наши наблюдения находятся в согласии с исследованиями других авторов [3, 5]. Улучшение параметров гемодинамики в контралатеральном глазе можно объяснить следующим образом: коллатеральный кровоток, развивающийся в ответ на нарушение магистрального кровоснабжения полушария головного мозга, осуществляемого через ВСА, формируется, как правило, за счет обкрадывания общего цереброваскулярного резерва. Устранение стеноза ВСА делает ненужным существование коллатерального кровообращения из контралатерального полушария, что обязательно приводит к перераспределению кровотока и восстановлению адекватной перфузии глаза и сетчатки с обеих сторон. Подтверждением могут также служить недавние исследования с применением ОКТА, которые убедительно показали значительное увеличение плотности сосудов сетчатки после КС, как в ипсилатеральных, так и в контралатеральных глазах [4, 9, 10].

Следует также особо отметить, что проведенное нами исследование убедительно доказало высокую диагностическую возможность метода ОКТА в динамическом мони-

торинге микроциркуляции глаза у пациентов после стентирования ВСА. Однако необходимо дальнейшее накопление опыта в этом направлении. Широкое использование методов оценки параметров микроциркуляторного русла офтальмологами в практической работе может в перспективе принести большую пользу в комплексном обследовании пациентов со стенозирующим поражением ВСА.

## Выводы

1. Стентирование ВСА является безопасным и эффективным методом восстановления перфузии васкуляризуемых этим сосудом органов и тканей как на макро-, так и на микроциркуляторном уровне.
2. Оптическая когерентная томография с функцией ангиографии и флоуметрии позволяет с высокой долей вероятности оценить состояние микрососудов сетчатки. Полученные параметры могут служить ценными биомаркерами прогнозирования и мониторинга гемодинамических изменений у пациентов, перенесших стентирование ВСА.
3. Динамическое изучение васкуляризации сетчатки глаза как одной из структур головного мозга может служить удобной моделью для оценки эффективности стентирования ВСА относительно перфузии головного мозга.
4. Необходимы дальнейшие исследования на репрезентативной выборке, в том числе и в отдаленные сроки наблюдения.

**Участие авторов:**

Концепция и дизайн исследования: Иоселиани Д.Г., Сандодзе Т.С.  
Сбор и обработка материала: Сандодзе Т.С., Павлов В.Н., Дуржинская М.Х., Масаева Д.З.  
Статистическая обработка: Сандодзе Т.С., Дуржинская М.Х.

Написание текста: Сандодзе Т.С., Юсеф Ю.Н., Казарян Э.Э., Павлов В.Н., Церетели Н.В., Масаева Д.З.  
Редактирование: Иоселиани Д.Г., Семитко С.П.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interest.**

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

- De Silva DA, Manzano JJ, Liu EY, Woon FP, Wong WX, Chang HM, Chen C, Lindley RI, Wang JJ, Mitchell P, Wong T-Y, Wong M-C; Multi-Centre Retinal Stroke Study Group. Multi-Centre Retinal Stroke Study Group. Retinal microvascular changes and subsequent vascular events after ischemic stroke. *Neurology*. 2011;77(9):896-903. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31822c623b>
- Seidelmann SB, Claggett B, Bravo PE, Gupta A, Farhad H, Klein BE, Di Carli M, Solomon SD. Retinal Vessel Calibers in Predicting Long-Term Cardiovascular Outcomes: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Circulation*. 2016;134(8):1328-1338. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023425>
- Lahme L, Marchiori E, Panucio G, Nelis P, Schubert F, Mihailovic N, Torsello G, Eter N, Alnawaiseh M. Changes in retinal flow density measured by optical coherence tomography angiography in patients with carotid artery stenosis after carotid endarterectomy. *Scientific Reports*. 2018;8(1):17161. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35556-4>
- Ioseliani DG, Boshia NS, Sandodze TS, Azarov AV, Semitko SP. The effect of revascularization of the internal Carotid artery on the Microcirculation of the eye. *Journal of Advanced Pharmacy Education*. 2020;10(2):209-214
- Lee CW, Cheng HC, Chang FC, Wang AG. Optical Coherence Tomography Angiography Evaluation of Retinal Microvasculature Before and After Carotid Angioplasty and Stenting. *Scientific Reports*. 2019;9(1):14755. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51382-8>
- Arnould L, Guenancia C, Azemar A, Alan G, Pitois S, Bichat F, Zeller M, Gabrielle P-H, Bron AM, Creuzot-Garcher C, Cottin Y. The EYE-MI Pilot Study: A Prospective Acute Coronary Syndrome Cohort Evaluated With Retinal Optical Coherence Tomography Angiography. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2018;59(10):4299-4306. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-24090>
- Wang J, Jiang J, Zhang Y, Qian YW, Zhang JF, Wang ZL. Retinal and choroidal vascular changes in coronary heart disease: an optical coherence tomography angiography study. *Biomedical Optics Express*. 2019;10(4): 1532-1544. <https://doi.org/10.1364/BOE.10.001532>
- Гамидов А.А., Дуржинская М.Х., Макашова Н.В., Сакалова Е.Д., Веллиева И.А. Персистирующая артерия стекловидного тела у взрослого (клиническое наблюдение). *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4-2): 214-218. Gamidov AA, Durzhinskaya MH, Makashova NV, Sakalova ED, Velieva IA. Persistent vitreous artery in an adult (clinical observation). *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020;136(4-2):214-218. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/oftalma2020136042214>
- Sun C, Ladoces C, Hong J, Nguyen DQ, Chua J, Ting D, Schmetterer L, Wong TY, Cheng C-Yu, Tan ACS. Systemic hypertension associated retinal microvascular changes can be detected with optical coherence tomography angiography. *Scientific Reports*. 2020;10(1):9580. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66736-w>
- Chua J, Chin CWL, Hong J, Chee ML, Le TT, Ting DSW, Wong TY, Schmetterer L. Impact of hypertension on retinal capillary microvasculature using optical coherence tomographic angiography. *Journal of Hypertension*. 2019;37(3):572-580.

Поступила 02.03.2024

Received 02.03.2024

Принята к публикации 04.05.2024

Accepted 04.05.2024