

Научная статья
УДК 617.753.3
doi: 10.25276/0235-4160-2022-1-26-32

Оценка показателей кровотока лимбальной области с помощью ангиорежима оптического когерентного томографа у пациентов с миопией и миопическим астигматизмом, перенесших эксимерлазерную коррекцию зрения

Владимир Дмитриевич Антонюк, Ольга Игоревна Куранова, Татьяна Сергеевна Кузнецова
Клиника микрохирургии глаза ОКДЦ ПАО «Газпром», Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Оценить состояние кровотока лимбальной области у пациентов с миопией и миопическим астигматизмом до и после эксимерлазерной коррекции зрения с помощью оптического когерентного томографа Nidek RS-3000 AngioScan. **Материал и методы.** Всего обследованы 22 пациента в возрасте от 18 до 37 лет с миопией и миопическим астигматизмом разной степени, которым была выполнена эксимерлазерная коррекция зрения. Дополнительно проведено исследование кровотока лимбальной области в дооперационном и раннем послеоперационном периодах с помощью оптического когерентного томографа Nidek RS-3000 AngioScan с использованием модуля для сканирования переднего отрезка глаза. **Результаты.** Через 1 час после эксимерлазерной коррекции зрения отмеча-

ется снижение кровотока лимбальной области во всех 4 анализируемых секторах (верхний, нижний, темпоральный, носовой), через 1 сутки происходит увеличение показателей кровотока, стремящихся к дооперационным значениям. Не удалось выявить зависимость степени кровотока от метода формирования роговичного лоскута. **Выводы.** С помощью оптической когерентной томографии с функцией ангиорежима можно оценить состояние кровотока лимба. В первый час после лазерной коррекции зрения показатели кровотока изменяются во всех 4 исследуемых секторах, с тенденцией к снижению, и восстанавливаются к дооперационным показателям через 1 сутки после операции.

Ключевые слова: оптическая когерентная ангиография лимбальной области, эксимерлазерная коррекция зрения, фемтолазерная коррекция зрения, миопия, миопический астигматизм ■

Для цитирования: Антонюк В.Д., Куранова О.И., Кузнецова Т.С. Оценка показателей кровотока лимбальной области с помощью ангиорежима оптического когерентного томографа у пациентов с миопией и миопическим астигматизмом, перенесшим эксимерлазерную коррекцию зрения. роговичных конструкций. Офтальмохирургия. 2022;1: 26–32. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2022-1-26-32>
Автор, ответственный за переписку: Татьяна Сергеевна Кузнецова, tskuznetsova2013@gmail.com

ABSTRACT

Original article

Assessment of blood flow parameters of the limbal area using an angioregime optical coherence tomograph in patients with myopia and myopic astigmatism who underwent excimer laser vision correction

Vladimir D. Antonuk, Olga I. Kuranova, Tat'yana S. Kuznetsova
Gazprom Eye Microsurgery Clinic, Moscow, Russian Federation

Purpose. To assess the state of blood flow in the limbal area in patients with myopia and myopic astigmatism before and after excimer laser vision correction using the Nidek RS-3000 AngioScan optical coherence tomograph. **Material and methods.** A total of 22 patients aged 18 to 37 with different degrees of myopia and myopic astigmatism who

underwent excimer laser vision correction were examined. Additionally, the blood flow of the limbal area was studied in the preoperative and early postoperative periods using the Nidek RS-3000 AngioScan optical coherence tomograph using a module for scanning the anterior segment of the eye. **Results.** One hour after excimer laser vision correction, there

is a decrease in blood flow of the limbal area in all 4 analyzed sectors (upper, lower, temporal, nasal), after 1 day there is an increase in blood flow indicators, tending to preoperative values. We were unable to identify the dependence of the degree of blood flow on the method of formation of the corneal flap. **Conclusion.** Using OCT angioregime it is possible to assess the condition of limb blood flow. In the first hour after laser

vision correction blood flow parameters change in all 4 studied sectors, with a tendency to decrease, and recover to preoperative values 1 day after the surgery.

Key words: optical coherent angiography of the limbal area, excimer laser vision correction, femtolasar vision correction, myopia, myopic astigmatism ■

For quoting: Antonuk V.D., Kuranova O.I., Kuznetsova T.S. Assessment of blood flow parameters of the limbal area using an angioregime optical coherence tomograph in patients with myopia and myopic astigmatism who underwent excimer laser vision correction. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2022;1: 26–32. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2022-1-26-32>

Corresponding author: Tat'yana S. Kuznetsova, tskuznetsova2013@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время в арсенале офтальмолога имеется множество методов исследования глазного кровотока. Оценка состояния гемодинамики глаза необходима для выявления нарушений локальной гемодинамики и оценки эффективности и безопасности различных методов лечения. Проблема нарушений микроциркуляции глаза является актуальной, поскольку в основе патогенеза наиболее распространенных возрастных заболеваний (глаукома, диабетическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация) лежит патология микрососудистого русла глаза [1, 2]. Внимание большинства исследователей сосредоточено на качественной и количественной оценке состояния кровообращения сетчатки и зрительного нерва. Однако не менее важным представляется исследование гемодинамики в сосудах переднего отрезка глаза, учитывая частоту заболеваний данного отдела глаза, в частности, большую распространенность такого патологического состояния, как лимбальная недостаточность, а также проведение огромного количества различных рефракционных операций на роговице. В мире ежегодно выполняется несколько миллионов операций лазерной коррекции зрения. Отдаленные результаты первых операций составляют более 30 лет. Возраст «первых» пациентов, перенесших эксимерлазерную коррекцию, на сегодняшний день составляет от 43 до 65 лет и старше. Пациентов, планирующих операцию в настоящее время, интересует: какие есть самые отдаленные результаты таких операций? Провоцирует ли лазерная коррекция зрения возникновение других глазных заболеваний, таких как глаукома, катаракта, дистрофия сетчатки?

В связи с совершенствованием диагностических приборов все большее распространение приобретают неинвазивные методы исследования глазного кровотока [3]. К неинвазивным методам исследования сосудов переднего отрезка глаза относятся биомикроскопия, фотография и видеобиомикроскопия, телевизионная биомикроскопия сосудов, темнопольная визуализация,

аппликационная флюоресцентная ангиография, фото и акустическая ангиография, ортогональная поляризационная спектроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, оптическая когерентная томография с функцией ангиографии (ОКТ-А) [1]. ОКТ-А – это быстрый и неинвазивный метод визуализации сосудистой сети глаза. В ходе ОКТ-А можно создавать изображения с высоким разрешением на различной глубине исследуемой зоны. Данный метод стал многообещающим для визуализации переднего сегмента глаза. Кроме того, ОКТ-А предлагает более удобную и безопасную для пациента альтернативу традиционной инвазивной флюоресцентной и индоцианиновой ангиографии на основе красителей, показывающую высокую воспроизводимость результатов исследования [4]. Однако традиционные системы ОКТ-А обычно проектируются и оптимизируются для заднего сегмента глаза, и, таким образом, использование ОКТ-А для визуализации переднего сегмента может представлять определенные трудности и ограничения [5]. В частности, отсутствуют подходящие протоколы сканирования для переднего отрезка глаза, невозможность стандартизации исследования с сохранением высокой повторяемости результатов.

ЦЕЛЬ

Оценить состояние кровотока лимбальной области у пациентов с миопией и миопическим астигматизмом до и после эксимерлазерной коррекции зрения с помощью оптического когерентного томографа Nidek RS-3000 AngioScan.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клинике микрохирургии глаза ОКДЦ ПАО «Газпром» в период с мая 2020 г. по сентябрь 2020 г. были обследованы 22 пациента (43 глаза) в возрасте от 18 до 37 лет ($29,23 \pm 0,97$, $M \pm m$), с миопией ($-4,25 \pm 0,26$, $M \pm m$) и миопическим астигматизмом ($-0,68 \pm 0,12$, $M \pm m$), которым

Таблица 1

Характеристика всей группы

Table 1

Characteristics of the entire group

	Возраст, лет Age, years	Sph, дптр D	Cyl, дптр D	ВГД, мм рт.ст. IOP, mm Hg	Пакиметрия, мкм Pachymetry, mcm	Корнеометрия, мм Corneometry, mm	Толщина флэпа, мкм Thickness of the flap, mcm	Глубина абляции, мкм Ablation depth, mcm
M	29,23	-4,25	-0,68	14,69	536	12,2	109,0	80,9
σ	6,39	1,75	0,82	2,57	30,36	0,36	16,0	26,56
n	43	43	43	43	43	43	43	43
m	0,975	0,268	0,126	0,39	4,63	0,056	2,44	4,05
min	18	-0,75	0	10	494	11,5	90	12
max	37	-8,5	-3	19	614	13	130	128

была выполнена эксимерлазерная коррекция зрения. Данные пациентов представлены в *таблице 1*.

Всем пациентам проведены стандартное обследование перед выполнением лазерной коррекции зрения и дополнительно исследование кровотока лимбальной области в дооперационном и раннем послеоперационном периодах с помощью оптического когерентного томографа Nidek RS-3000 AngioScan с использованием модуля для сканирования переднего отрезка глаза. Исследование проводилось в утренние часы с 09:00 до 11:00 одним доктором. Оценка показателей, характеризующих плотность сосудов на исследуемом участке, проводилась в верхнем, нижнем, внутреннем и наружном секторах лимбальной области. Использовался протокол Macula Map Angioscan, область сканирования расширялась до 5,1 мм. Для количественного анализа использовался протокол Grid Chart Vessel Density, в котором учитывалось 6 квадрантов из 9. Таким образом, каждый сектор сканирования был разбит на 6 квадрантов, в каждом из которых плотность сосудов представлена в цифровом значении (*рис. 1*).

Учитывая то, что используемая методика не стандартизирована и не предусмотрена производителем, для доступа к функции Macula Map AngioScan были закрыты датчики обнаружения модуля, чтобы сканировать передний отрезок глаза. Для стандартизации позиционирования исследуемой площади на лимбальной зоне использовалась круглая метка в центре области сканирования, которая устанавливалась на границе между склерой и роговицей. Плотность сосудов оценивалась по всей толщине лимбальной зоны, сегментация проводилась вручную. Нами для удобства подсчета и анализа данных показателей было выполнено суммирование цифровых значений 6 квадрантов в каждом из 4 секторов.

Эксимерлазерная коррекция выполнялась одним хирургом на ротационно-сканирующем эксимерном лазере Nidek Navex Quest. Для формирования роговичного лоскута при технологии LASIK использовался полуавтоматический ротационный электрический микроккератор Moria M2, при технологии Femto-LASIK применялся фемтосекундный лазер Femto LDV Z8 швейцарской компании Zimmer.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные данные показателей плотности сосудов в относительных единицах у всей группы представлены в *таблице 2* и на *рисунке 2*.

Лучше всего визуализировались сосуды в верхней, темпоральной и носовой областях. Менее четко получились данные в нижней области, поэтому некоторые исследования не были включены в анализ. Возможная причина данного факта – стояние слезы вследствие роговичного синдрома в раннем послеоперационном периоде.

Как видно из *рисунка 2*, через 1 час после эксимерлазерной коррекции зрения отмечается снижение показателей плотности сосудов лимбальной области во всех 4 анализируемых секторах, через 1 сутки происходит увеличение показателей, стремящимися к дооперационным значениям.

В качестве иллюстрации приводим клинический пример. Пациент 37 лет,

Vis OD = 0,03 sph (–) 2,75 D cyl (–) 0,5 D ax 10 = 1,0, ВГД 19 мм рт.ст.

Vis OS = 0,03 sph (–) 2,75 D cyl (–) 0,5 D ax 20 = 1,0, ВГД 21 мм рт.ст.

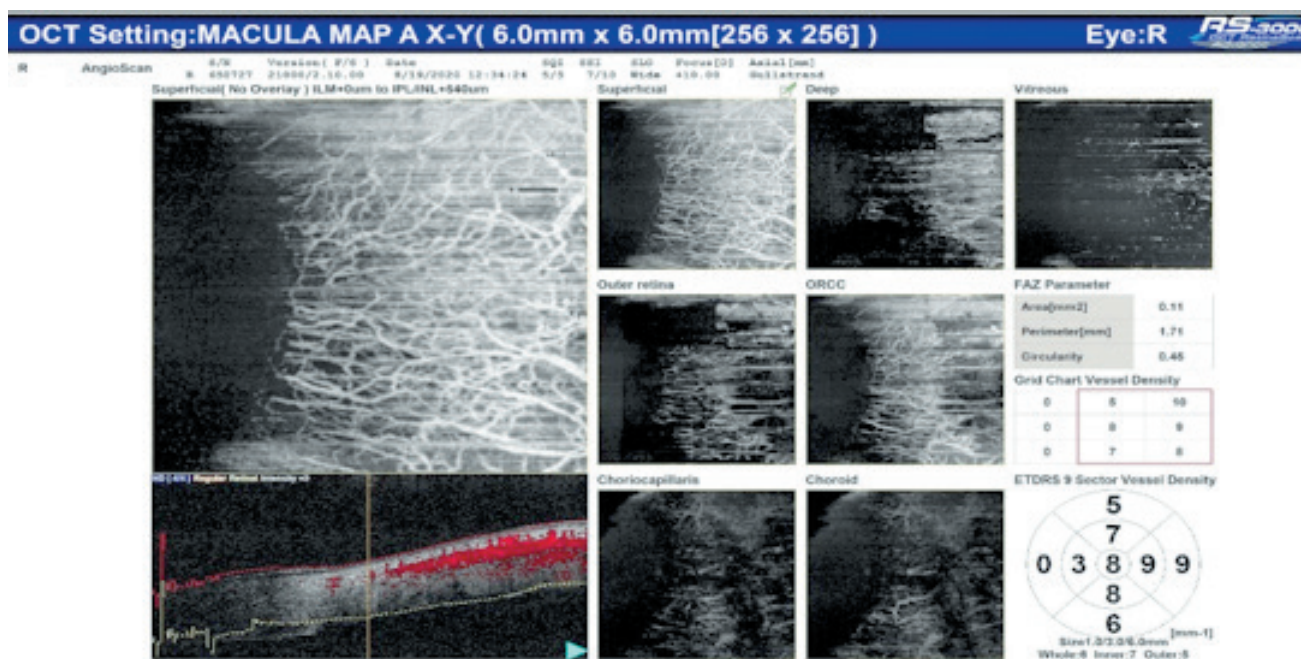


Рис. 1. Показатели анализируемой площади плотности сосудов лимбальной области на приборе Nidek RS-3000 AngioScan

Fig. 1. Indicators of the analyzed area of the density of vessels of the limbal area on the Nidek RS-3000 AngioScan device

Таблица 2

Показатели плотности сосудов лимбальной области во всей группе в относительных единицах

Table 2

Indicators of the density of vessels of the limbal area in the whole group in relative units

Сектор Sector	До операции Before the surgery	Количество глаз Number of eyes	Через 1 час после операции 1 hour after the surgery	Количество глаз Number of eyes	Через 1 сут. после операции 1 day after the surgery	Количество глаз Number of eyes
Верхний Upper	6,18	40	5,29	39	5,09	36
Низ Lower	6,7	29	5,03	25	6,78	20
Темпоральный Temporal	5,5	38	5,37	39	6,02	38
Носовой Nasal	5,77	42	5,54	38	6,1	40

Данные пахиметрии OD = 564 мкм, OS = 563 мкм.

Выполнена операция Femto-LASIK, толщина флэпа 110 мкм, вакуумное кольцо 10, глубина абляции 59 мкм, РТА = 29,96.

Индекс кровотока – показатель, который содержит информацию не только о плотности сосудов/капилляров в исследуемой области, но и о средней скорости кровотока в сосудах/капиллярах этой зоны. Чем он выше, тем больше крупных сосудов в исследуемой области.

Плотность сосудистой сети – количество всех сосудов на единицу площади.

На рисунках 3–5 – отчет плотности сосудистой сети. При визуальной оценке состояния плотности сосудов лимбальной области с применением биомикроскопии мы видим увеличение плотности сосудистой сети через 1 час после операции. Однако в цифровом отчете показатели через 1 час после операции ниже, чем до операции. Данный факт подтверждает то, что прибор позво-

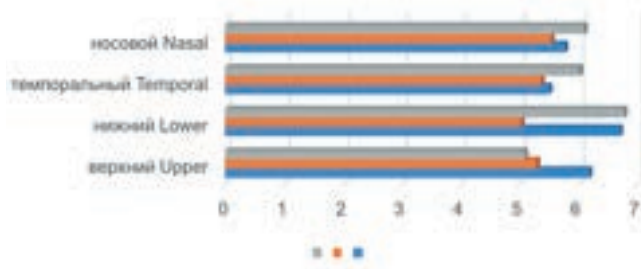


Рис. 2. Показатели плотности сосудов лимбальной области во всей группе в относительных единицах

Fig. 2. Indicators of the density of vessels of the limbal area in the whole group in relative units

ляет «заглянуть» в более глубокие слои области исследования, чем «глаз офтальмолога».

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гемодинамики в сосудах переднего отрезка глаза у пациентов, перенесших эксимерлазерную коррекцию зрения, представляет большой интерес. Различные этапы операции эксимерлазерной коррекции зрения оказывают влияние на местный кровоток, проходящий на нескольких уровнях.

Напомним строение перилимбальной сосудистой сети глаза. Передние ресничные артерии отделяются от артерий четырех наружных прямых мышц глаза. На расстоянии приблизительно 1,5 мм от лимба эти артерии

разделяются на глубокие (склеральные) и поверхностные (передние эписклеральные) ветви. «Передние эписклеральные артерии» направляются вперед и формируют «эписклеральный артериальный круг», анастомозирующий с глубокими артериями. «Эписклеральный артериальный круг» поставляет кровь склере, лимбу и перилимбальной конъюнктиве. Посредством глубоких ветвей, направляющихся к большому кругу кровообращения радужки, они кровоснабжают и радужку. Ответвления передних ресничных артерий кровоснабжают периферию сосудистой оболочки, образуя многочисленные «возвратные» артерии. Эти артерии кровоснабжают шлемов канал и лимбальную область [6, 7]. В квадрант, захватывающий зону исследования при ОКТ-А, попадают части различных сосудистых сплетений – таких, как конъюнктивальное сосудистое сплетение, сосудистое сплетение влагища глазного яблока, эписклеральное сосудистое сплетение, перилимбальное сосудистое сплетение (краевая петлистая сеть). В настоящее время у методики ОКТ-А лимбальной области нет технической возможности изучить части различных сосудистых сплетений данной зоны, так как отсутствует автоматическая сегментация сосудистых сплетений, а попытки провести сегментацию вручную оказываются крайне неточными. Поэтому в настоящее время данный вид обследования плотности сосудов переднего отрезка носит больше качественный характер, нежели количественный. Будущие разработки программного обеспечения могут позволить улучшить сегментацию и разрешение изображения с помощью автоматизированных измерений и анализа.

Во время эксимерлазерной коррекции зрения на первом этапе проводится фиксация вакуумного кольца

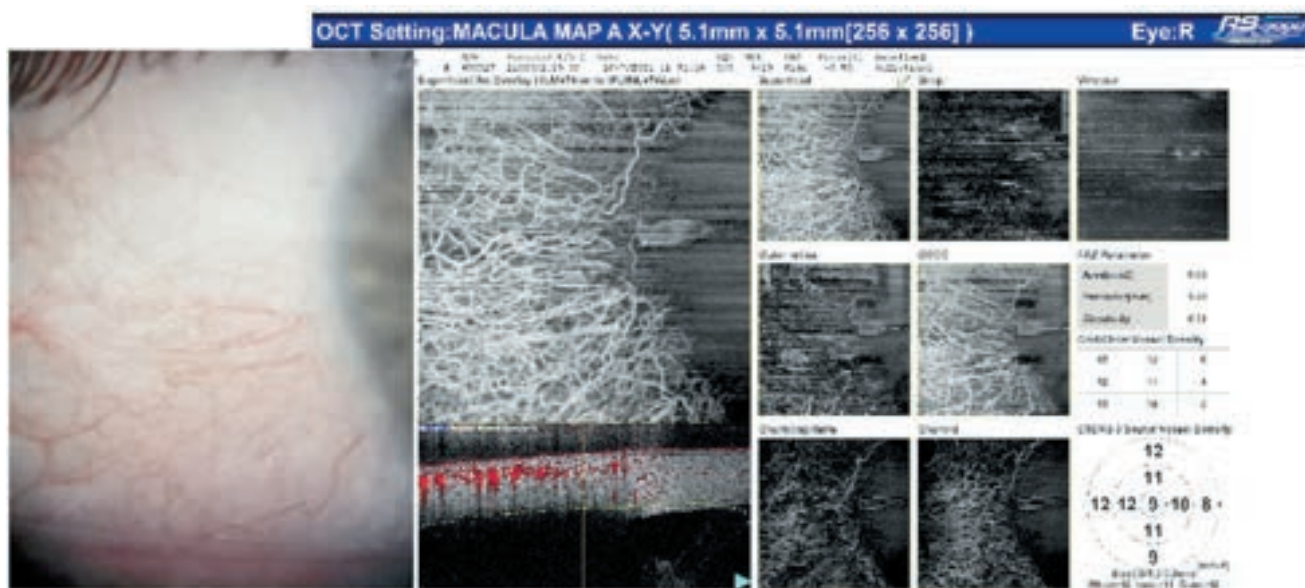


Рис. 3. Фотография темпоральной области лимба и картина ОКТ-ангиосканирования темпоральной области лимба до операции

Fig. 3. Photo of the temporal area of the limb and a picture of OCT-angiogram of the temporal area of the limb before surgery

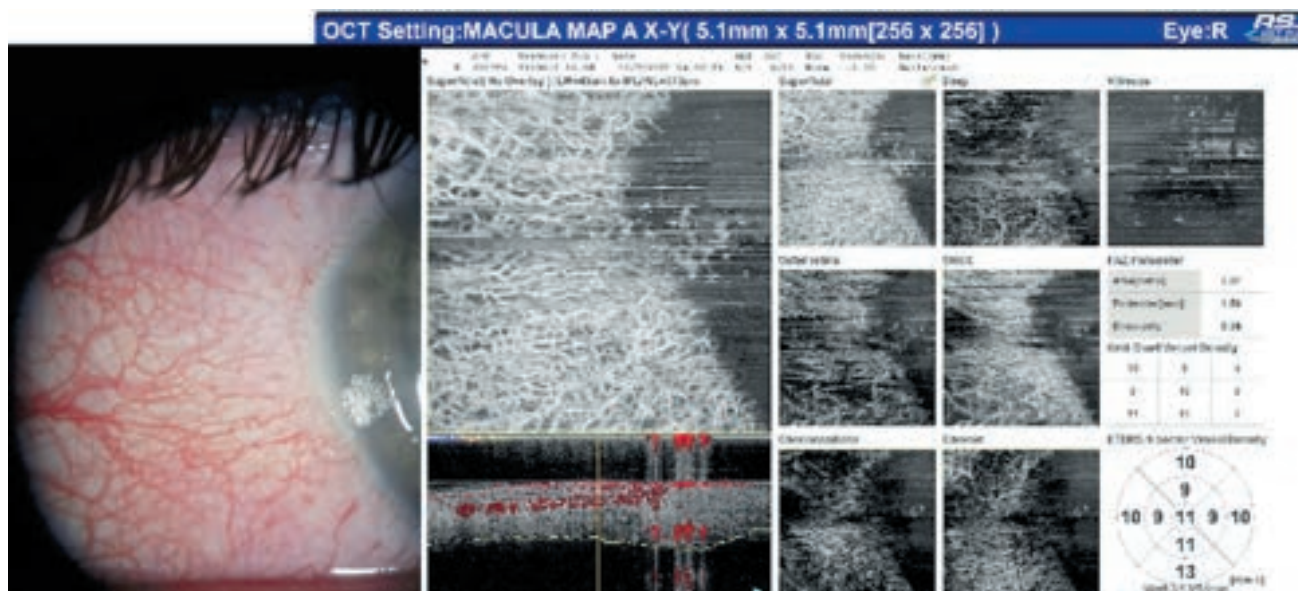


Рис. 4. Фотография темпоральной области лимба и картина ОКТ-ангиосканирования темпоральной области лимба через 1 час после операции

Fig. 4. Photo of the temporal area of the limb and a picture of OCT-angioscanning of the temporal area of the limb 1 hour after surgery

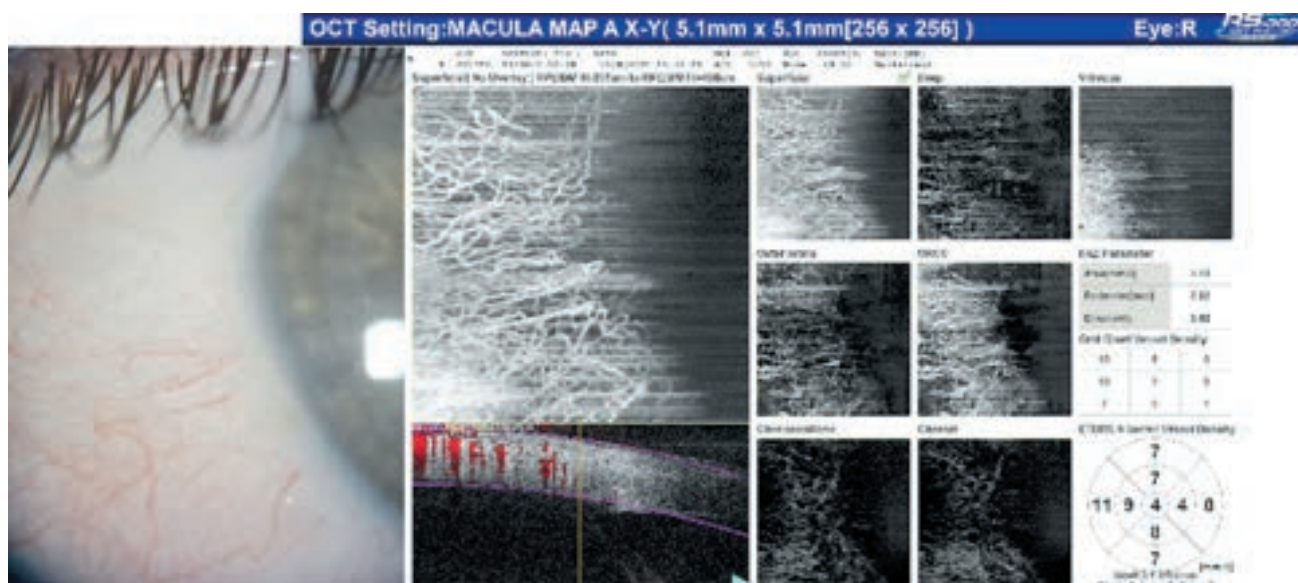


Рис. 5. Фотография темпоральной области лимба и картина ОКТ-ангиосканирования темпоральной области лимба через 1 сутки после операции

Fig. 5. Photo of the temporal area of the limb and a picture of OCT-angioscanning of the temporal area of the limb 1 day after surgery

к лимбальной области. Далее происходит ламелярный срез в передних слоях стромы с последующей эксимер-лазерной абляцией части стромы роговицы. Все эти этапы операции оказывают влияние на местный кровоток. Как мы видим из полученных нами данных, в первый час происходит уменьшение показателей плотности сосудов с их восстановлением через 1 сутки после операции. Есть ли разница в изменениях кровотока в поверх-

ностных сплетениях в зависимости от того, каким образом выкраивается поверхностный лоскут роговицы? При использовании механического микрократора вакуумное воздействие оказывается с большей силой, но меньше по временной продолжительности, чем при выполнении фемтолазерной диссекции стромы. В нашем исследовании мы не смогли выявить разницу в данных показателях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью ОКТ-ангиорежима возможно оценить состояние плотности сосудов лимбальной области у пациентов с миопией и миопическим астигматизмом до и после эксимерлазерной коррекции зрения.

Необходимы разработки программного обеспечения, позволяющие улучшить сегментацию сосудистых сплетений лимбальной зоны с помощью автоматизированных измерений и анализа.

В первый час после лазерной коррекции зрения показатели плотности сосудов на приборе оптического когерентного томографа Nidek RS-3000 AngioScan с использованием модуля для сканирования переднего отрезка глаза изменяются во всех 4 исследуемых секторах, с тенденцией к снижению, и восстанавливаются к дооперационным показателям через 1 сутки после операции.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Киселева Т.Н., Котелин В.И., Лосанова О.А., Луговкина К.В. Неинвазивные методы оценки гемодинамики переднего сегмента глаза: перспективы применения в клинической практике. Офтальмология. 2017;14(4): 283–290. [Kiseleva TN, Kotelkin VI, Lobanova OA, Lugovkina KV. Noninvasive methods for assessing hemodynamics of the anterior segment of the eye: prospects for application in clinical practice. Ophthalmology in Russia. 2017;14(4): 283–290. (In Russ.)]
2. Петраевский А.В. Исследование кровообращения переднего сегмента глаза, его клиническое значение. Дисс. ...д-ра мед наук. М.; 2004. [Petraevskii A.V. Investigation of the blood circulation of the anterior segment of the eye, its clinical significance. [Dissertation]. M.; 2004. (In Russ.)]
3. Eriksson S, Nilsson J, Stureson C. Non-invasive imaging of microcirculation: a technology review. Medical devices (Auckland, NZ). 2014;7: 445–452.
4. Ang M, Cai Y, MacPhee B, Sim D, Keane P, Sng C, Egan C, Tufail A, Larkin D, Wilkins M. Optical coherence tomography angiography and indocyanine green angiography for corneal vascularization. Br J Ophthalmol. 2016;100(11):1557–1563.
5. Lee WD, Devarajan K, Chua J, Schmetterer L, Mehta JS, Ang M. Optical coherence tomography angiography for the anterior segment. Eye Vis (Lond). 2019;6: 4.
6. Вит В.В. Строение зрительной системы человека: учебное пособие. Одесса: Астро-принт; 2010. [Vit VV. The structure of the human visual system: a textbook. Odessa: Astroprint; 2010. (In Russ.)]

7. Сомов Е.Е. Клиническая анатомия органа зрения человека. 3-е изд. М.: МЕД-пресс-информ, 2005. [Somov EE. Clinical anatomy of the human visual organ. 3rd ed. Moscow: MEDpress-inform; 2005. (In Russ.)]

Информация об авторах

Владимир Дмитриевич Антонюк, к.м.н., center@medgaz.gazprom.ru
Ольга Игоревна Куранова, к.м.н., kuranovaolga16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4620-9654>
Татьяна Сергеевна Кузнецова, к.м.н., tsuznetsova2013@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4024-6817>

Information about the authors

Vladimir D. Antonuk, Candidate of Medical Sciences, center@medgaz.gazprom.ru
Olga I. Kuranova, Candidate of Medical Sciences, kuranovaolga16@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4620-9654>
Tat'yana S. Kuznetsova, Candidate of Medical Sciences, tsuznetsova2013@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4024-6817>

Вклад авторов в работу:

В.Д. Антонюк: окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.
О.И. Куранова: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, редактирование.
Т.С. Кузнецова: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

Author's contribution:

V.D. Antonuk: final approval of the version to be published.
O.I. Kuranova: significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of material, editing.
T.S. Kuznetsova: significant contribution to the concept and design of the work, collection, analysis and processing of material, statistical data processing, writing the text.

Финансирование: Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

Funding: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

Поступила: 16.08.2021

Переработана: 28.09.2021

Принята к печати: 14.11.2021

Originally received: 16.08.2021

Final revision: 28.09.2021

Accepted: 14.11.2021