



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-97>

Перфузия радужной оболочки после селективной лазерной трабекулопластики: данные оптической когерентной томографии — ангиографии

Д.С. Мальцев, А.А. Казак , А.Н. Куликов, А.С. Васильев, М.А. Бурнашева

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

Цель работы — изучить перфузию радужной оболочки у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) после проведения селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ) с помощью оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТА). **Материал и методы.** Обследование 12 пациентов в возрасте $68,3 \pm 8,4$ года с ПОУГ I–III стадий включало стандартные офтальмологические методы, а также ОКТА радужки, которое выполняли в фотопических условиях на томографе RTVue-XR по протоколу Angio Retina 3-мм через центр зрачка. Васкуляриность оценивали в ImageJ как показатель общей протяженности бинаризованных и скелетонизированных сосудов в пласте на всю толщину радужки. Обследование проводили до СЛТ, а также через сутки, 7 и 30 сут после СЛТ. **Результаты.** Обнаружена статистически значимая корреляция между значениями внутриглазного давления (ВГД) через месяц после СЛТ и показателями васкуляриности радужки до СЛТ, через день после СЛТ и их разницей. Наиболее сильная корреляция ($r = 0,60$, $p = 0,001$) выявлена между васкуляриностью радужки на 1-е сутки после СЛТ и ВГД через месяц после нее. **Заключение.** СЛТ сопровождается повышением васкуляриности радужной оболочки на следующий день после процедуры, что, вероятно, может быть использовано для прогнозирования финальных показателей ВГД у этих пациентов.

Ключевые слова: открытоугольная глаукома; внутриглазное давление; оптическая когерентная томография — ангиография; селективная лазерная трабекулопластика

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Мальцев Д.С., Казак А.А., Куликов А.Н., Васильев А.С., Бурнашева М.А. Перфузия радужной оболочки после селективной лазерной трабекулопластики: данные оптической когерентной томографии — ангиографии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 93–7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-97>

Perfusion of the iris after selective laser trabeculoplasty: optical coherence tomography angiography data

Dmitry S. Maltsev, Alina A. Kazak , Alexey N. Kulikov, Andrey S. Vasilyev, Maria A. Burnasheva

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia
alinakazak96@gmail.com

Purpose: to study iris perfusion in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) after selective laser trabeculoplasty (SLT) using optical coherence tomography angiography (OCTA). **Material and methods.** 12 patients aged 68.3 ± 8.4 with stage I to III POAG underwent a standard ophthalmic examination as well as OCTA examination of the iris, which was performed through the center of the pupil under photopic conditions using RTVue-XR with Angio Retina 3-mm protocol. All patients received examination before SLT, one day, seven days,

and 30 days after SLT. Vascularity was determined with ImageJ as the total length of binarized and skeletonized vessels over the full thickness of the iris slab. **Results.** A statistically significant correlation was found between the values of intraocular pressure (IOP) measured one month after SLT and iris vascularity before SLT, one day after SLT, and their difference. The strongest correlation ($r = 0.60$, $p = 0.001$) was found between iris vascularity one day after SLT and IOP one month after the procedure. **Conclusions.** SLT is accompanied by an increase in iris vascularity, which fact may probably be used in the prediction of the final IOP in these patients.

Keywords: open-angle glaucoma; intraocular pressure; optical coherence tomography angiography; selective laser trabeculoplasty

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Maltsev D.S., Kazak A.A., Kulikov A.N., Vasilyev A.S., Burnasheva M.A. Perfusion of the iris after selective laser trabeculoplasty: optical coherent tomography angiography data. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 93-7 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-7>

Глаукома представляет собой группу прогрессирующих оптических нейропатий, характеризующихся утратой ганглиозных клеток и нервных волокон сетчатки, что приводит к необратимому снижению светочувствительности сетчатки и потере поля зрения [1]. Несмотря на прогресс в методах лечения, глаукома остается одной из главных причин снижения зрения и необратимой слепоты во всем мире, что снижает качество жизни таких пациентов [1]. На сегодняшний день известны некоторые факторы риска развития и прогрессирования глаукомы: возраст, пол, генетика, раса, семейный анамнез, системная гипотония, миопия, повышенный уровень внутриглазного давления (ВГД), применение местных глюкокортикостероидов [2]. Частота заболеваемости глаукомой постоянно растет, поскольку доля пожилых людей в общей численности населения увеличивается, а риск развития этой болезни повышается с возрастом.

В зависимости от состояния угла передней камеры глаукому разделяют на открыто- и закрытоугольную формы. По некоторым оценкам, 57,5 млн человек во всем мире страдают от первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) с глобальной распространенностью 2,2% [3, 4]. Число случаев ПОУГ среди взрослого населения (40–80 лет) составило 52,68 млн в 2020 г., и предполагается, что в 2040 г. число таких случаев составит 79,76 млн [5]. В России 1,3 млн человек больны глаукомой. Число впервые выявленных пациентов увеличивается на 3–4% в год. В последнее время доля глаукомы в нозологической структуре первичной инвалидности по зрению значительно увеличилась — в среднем с 14 до 28%, составляя среди инвалидов пенсионного возраста 40% и более.

В РФ глаукома занимает 1-е ранговое место в нозологической структуре причин инвалидности вследствие офтальмологической патологии [6]. Уровень ВГД является единственным модифицируемым фактором риска глаукомы. В соответствии с рандомизированными многоцентровыми клиническими исследованиями, включая EMGT (Исследование ранней манифестной глаукомы), установлено, что снижение ВГД является единственным эффективным методом лечения, предотвращающим появление новых дефектов поля зрения [7]. Базовые направления лечения ПОУГ на сегодняшний день — это медикаментозное, включающее ежедневные инстилляций гипотензивных препаратов, лазерное и хирургическое. При ПОУГ лазерные методы могут использоваться в качестве как первой, так и второй линии лечения. Современным вариантом является селективная лазерная трабекулопластика (СЛТ), описанная M. Latina, C. Park в 1995 г. [8]. СЛТ заключается в импульсном воздействии Nd:YAG лазера длиной волны 532 нм на пигментные клетки трабекулярной сети, не вызывающем при этом структурных повреждений. Точный механизм действия СЛТ на

сегодня не известен, но предполагается, что в развитии гипотензивного эффекта играет роль индукция воспаления в переднем сегменте. Известно, что СЛТ снижает ВГД в среднем на 20–30% от исходного уровня, и такой гипотензивный эффект в среднем сохраняется на протяжении от полугода до года, но в 25% может быть краткосрочным или отсутствовать вовсе [9]. Установлено, что пол, возраст, раса, стадия глаукомы, роговичный гистерезис не влияют на эффективность процедуры, однако положительными предикторами являются исходно высокое значение ВГД, средняя или высокая степень пигментации трабекулярной сети и появление взвеси рефлексивных частиц в передней камере после СЛТ [10, 11]. В попытках лучше понять патогенез и найти новые предикторы эффективности СЛТ мы обратили внимание на радужную оболочку.

ЦЕЛЬ исследования — изучение перфузии радужной оболочки у пациентов с ПОУГ после проведения СЛТ с помощью оптической когерентной томографии — ангиографии (ОКТА).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В это пилотное проспективное интервенционное исследование включены 12 пациентов (12 глаз), в том числе 4 женщины и 8 мужчин в возрасте $68,3 \pm 8,4$ года с ПОУГ I–III стадий, получавших 2 и более гипотензивных препарата, но не достигших давления цели. Критериями исключения были узкий угол передней камеры, сниженная прозрачность роговицы, ВГД более 32 мм рт. ст., глаукома на единственном зрачке глаза, глаукома IV стадии.

Исследование проведено в соответствии с этическими принципами, заложенными Хельсинкской декларацией, все пациенты подписали информированное согласие для проведения СЛТ и сбора данных с исследовательскими целями. На момент включения в исследование всех пациентов обследовали комплексом методов, включая ОКТА радужки и измерение ВГД бесконтактным методом. ОКТА радужки выполняли для каждого пациента по протоколу Angio Retina 3-mm через центр зрачка на томографе RTVue Avanti XR (Optovue, Fremont, США), поставив значения фокусировки и положения скана на максимальные. Обследование включало 304 В-сканов по 304 А-скана каждый. Сканирование проводили в стандартизированных фотопических условиях для достижения стабильно узкого зрачка. ВГД измеряли с помощью бесконтактного тонометра (ORA, Reichert, США), для оценки использовали показатель ВГД по Гольдману. После обследования пациентам проводилась СЛТ, затем в контрольные точки — через сутки, 7 и 30 сут после вмешательства — проводились повторные осмотры. Каждая контрольная точка включала проведение ОКТА радужки и измерение ВГД.

СЛТ осуществляли по стандартной методике: после местной анестезии с помощью 0,5% раствора проксиметакаина (Алкаин, Alcon, США) на лазерной системе Tango Duet (ELLEX, Австралия) по зоне трабекулярной сети угла передней камеры на окружности 360° наносили 100–120 лазерных импульсов, энергия импульса варьировала от 0,7 до 1,0 мДж в зависимости от появления «пузырьков шампанского». На следующий день после СЛТ (и проведения контрольного осмотра) всем пациентам на 7 дней назначали инстилляцию 0,1% раствора непафенака (Неванак, Alcon, США).

Анализ и обработку полученных на ОКТА изображений для оценки васкуляризации радужки проводили с помощью программы ImageJ (НИН, США). Для анализа были взяты изображения радужки в пласте на всю ее толщину до проведения СЛТ, на следующий день и через месяц после СЛТ. На исходных изображениях в анализ включали только участки скана, соответствующие сосудистому рисунку радужки. Изображения переводили в 8-битный формат, определяли порог яркости с использованием автоматического алгоритма Shanbag. После бинаризации (разделения всех пикселей изображения на относящиеся к сосудистому сигналу и нет) и скелетонизации (конверсии всех сосудов в линии толщиной 1 пиксель) изображений подсчитывали количество всех пикселей,

соответствующих сосудистому сигналу, т. е. общую протяженность всех сосудов радужки.

Статистический анализ проводили с помощью MedCalc 18.4.1 (MedCalc Software, Бельгия). Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение или медиана (в случае ненормального распределения данных). Для оценки связи между параметрами использовали коэффициент корреляции Спирмена. Порогом статистической значимости считали $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний уровень ВГД до проведения СЛТ и через месяц после нее был $22,6 \pm 4,7$ и $15,4 \pm 2,6$ мм рт. ст. соответственно, гипотензивный эффект составил $32,0 \pm 2,3\%$. Общая протяженность сосудов радужки до выполнения СЛТ, на следующий день и через неделю после нее составила $12\,643 \pm 2\,692$, $14\,237 \pm 4\,649$ и $13\,380 \pm 3\,704$ пикселей соответственно. Таким образом, на следующий день после СЛТ общая протяженность сосудов радужки увеличилась на медианное значение 2178 пикселей и снизилась относительно этого значения на медианное значение 652 пикселя через 7 дней после СЛТ (рисунок).

Установлены корреляции между возрастом пациентов, исходной васкуляризованностью, васкуляризованностью на 1-е сутки

и их изменением: $r = 0,07$, $r = 0,12$ и $r = 0,11$ соответственно; между базовым значением ВГД, исходной васкуляризованностью, васкуляризованностью на 1-е сутки и их изменением: $r = 0,05$, $r = 0,01$ и $r = 0,02$ соответственно; между финальным значением ВГД, исходной васкуляризованностью, васкуляризованностью на 1-е сутки и их изменением: $r = 0,4$, $r = 0,6$ и $r = 0,47$ соответственно, а также между изменением ВГД, исходной васкуляризованностью, васкуляризованностью на 1-е сутки и их изменением: $r = 0,13$, $r = 0,2$ и $r = 0,2$ соответственно.

Статистически значимая корреляция обнаружена между значениями ВГД к 1-му месяцу после процедуры и показателями васкуляризации радужки до СЛТ, через день после СЛТ и их различием: $r = 0,4$, $p < 0,05$ и $r = 0,47$, $p < 0,05$ соответственно. Однако наиболее сильная корреляция выявлена между васкуляризованностью радужки на 1-е сутки после СЛТ и показателем ВГД к 1-му месяцу после процедуры: $r = 0,6$, $p < 0,05$ (таблица).

ОБСУЖДЕНИЕ

В данном исследовании мы показали, что на следующий день после СЛТ отмечается транзиторное повышение васкуляризации радужной оболочки, которую оценивали по общей протяженности ее сосудов на изображении ОКТА. На 7-е сутки показатели васкуляризации постепенно возвращались к исходному состоянию, но превышали исходные значения, несмотря на назначение местного противовоспалительного препарата. Повышение

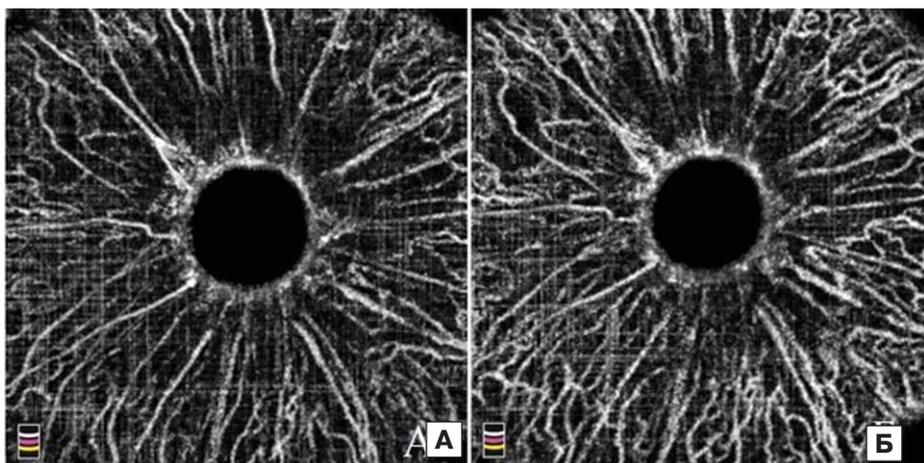


Рисунок. ОКТА радужки до селективной лазерной трабекулопластики (А) и на следующие сутки после ее выполнения (Б) показывает существенное изменение ее васкуляризации
Figure. Optical coherence tomography angiography of the iris before selective laser trabeculoplasty (A) and one day after it (B), showing significant changes of iris vasculature

Таблица. Взаимосвязь между ВГД и васкуляризованностью радужки
Table. Relationships between intraocular pressure and iris vasculature

Показатели Parameters	Возраст Age	Базовое ВГД Baseline IOP	Финальное ВГД Final IOP	Изменение ВГД Changes of IOP
Исходная васкуляризованность Baseline vasculature	$r = 0,07$	$r = 0,05$	$r = 0,4^*$	$r = 0,13$
Васкуляризованность через сутки Vasculature in 1 day	$r = 0,13$	$r = 0,01$	$r = 0,6^*$	$r = 0,2$
Изменение васкуляризации Changes of vasculature	$r = 0,11$	$r = 0,02$	$r = 0,47^*$	$r = 0,2$

Примечание. * — $p < 0,05$.

Note. * — $p < 0,05$.

общей протяженности сосудов радужки коррелирует с отдаленными результатами СЛТ и, вероятно, может быть использовано для прогнозирования финальных показателей ВГД. Хотя в нашей работе мы оценили только краткосрочные результаты, они несут обнадеживающий характер и являются основанием для проведения дальнейшего исследования с целью оценки долгосрочного прогноза.

Это исследование не только показывает возможную прогностическую роль оценки васкуляризации радужной оболочки, но и проливает свет на участие воспаления в механизмах действия СЛТ. Этот вопрос длительное время остается дискуссионным, несмотря на значительное число проведенных исследований. Ранее проведенное рандомизированное исследование показало незначительную воспалительную реакцию, вызванную СЛТ, что выражалось в покраснении глаза, которое проходило самостоятельно без применения противовоспалительной терапии к 7-му дню после процедуры [12]. Изменение васкуляризации радужной оболочки после СЛТ не было заметным при проведении биомикроскопии, и этот факт подчеркивает ценность ОКТА как нового метода исследования в офтальмологии.

На сегодняшний день рассматривают 3 возможные теории действия СЛТ: 1) механическую, согласно которой при попадании лазерного излучения на пигментные клетки трабекулярной сети происходит растяжение интратрабекулярных пространств; 2) воспалительную, в соответствии с которой в ответ на тепловое воздействие лазера изменяется клеточная активность: повышается секреция цитокинов, индукция матриксных металлопротеиназ и увеличивается количество макрофагов; 3) биологическую, которая обращает внимание на усиление деления и репопуляции клеток трабекулярной сети. Обнаруженное нами повышение общей протяженности сосудов радужки как проявление одного из признаков воспаления — гиперемии является доводом в пользу дискутируемой теории о воспалительном механизме действия СЛТ. С другой стороны, в предыдущей работе мы показали важную роль выброса гиперрефлективных частиц во влагу передней камеры после СЛТ как одного из биомаркеров, отражающих эффективность СЛТ. По-видимому, эти частицы являются гранулами пигмента, высвобожденными из трабекулярной сети. Таким образом, сегодня мы можем достаточно уверенно говорить о наличии по крайней мере двух механизмов действия СЛТ: механического и воспалительного.

Однако нельзя исключить, что сосудистая реакция радужки может быть также связана с сопутствующим повреждением ее поверхности во время процедуры. При выполнении СЛТ лазерный луч, направляемый в угол передней камеры, проходит не совсем параллельно радужной оболочке и может касаться ее поверхности, вызывая фотоповреждение. Это, однако, не объясняет связь гипотензивного эффекта с гиперемией радужки после СЛТ, так как в случае сопутствующего повреждения степень ее гиперемии должна быть сходной у всех пациентов вне зависимости от уровня снижения ВГД.

Информация о развитии воспаления после СЛТ ограничена оценкой состояния влаги передней камеры по данным лазерного измерения флера и сосудистой реакции со стороны конъюнктивы. В частности, лазерное измерение флера показывает увеличение оптической плотности влаги передней камеры, связанное, скорее всего, с воспалительной реакцией, а конъюнктивит нередко демонстрирует реактивную гиперемию, которая может сопровождаться легкими болевыми ощущениями [13]. В совокупности эти данные подтверждают участие воспаления в механизме действия СЛТ. В этом отношении дополнительные данные о состоя-

нии перфузии радужной оболочки после СЛТ выглядят полезными. Однако такая оценка не была рутинным методом до появления ОКТА. И хотя данная технология разрабатывалась для структур заднего сегмента глаза, технические возможности некоторых томографов позволяют выполнять ОКТА переднего сегмента в высоком качестве. Ограничением этой техники является пигментация радужной оболочки, которая может экранировать сосуды, и, вероятно, на сильно пигментированных глазах оценка сосудистой реакции может быть затруднена.

Данное исследование является пилотным и имеет большое число ограничений. Во-первых, мы включили в исследование небольшое число пациентов. Во-вторых, срок наблюдения ограничен одним месяцем, и нельзя экстраполировать эти данные на более длительные сроки. В-третьих, пациенты получали нестероидный противовоспалительный препарат начиная со следующего дня после СЛТ, и естественная динамика этого показателя остается неизвестной. Возможно, что в рамках естественной динамики показатели васкуляризации на 7-й день могут иметь ценность для прогноза гипотензивного эффекта СЛТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование показало, что ОКТА позволяет выявить усиление перфузии радужной оболочки после СЛТ, вероятно, связанное с транзиторной воспалительной реакцией. Выраженность этой реакции может быть использована для прогноза гипотензивного эффекта СЛТ. Однако необходимы дальнейшие исследования в этой области для выяснения всех особенностей данного феномена и его прогностической ценности.

Литература/References

1. Thomas S., Hodge W., Malvankar-Mehta M. The cost-effectiveness analysis of teleglaucoma screening device. *PLoS One*. 2015; 10: 0. doi: 10.1371/journal.pone.0137913
2. McMonnies C.W. Glaucoma history and risk factors. *J. Optom*. 2017; 10: 71–8. doi:10.1016/j.optom.2016.02.003
3. Allison K., Patel D., Alabi O. Epidemiology of glaucoma: the past, present, and predictions for the future. *Cureus*. 2020 Nov; 12 (11). doi: 10.7759/cureus.11686
4. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014; 121: 2081–90. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
5. Nan Zhang, Jiaying Wang, Ying Li, Bing Jiang. Prevalence of primary open angle glaucoma in the last 20 years: a meta-analysis and systematic review. *Scientific Reports*. 2021; 11: Article number:13762. doi: 10.3389/fmed.2020.624179
6. Бикбов М.М., Бабушкин А.Э., Хуснитдинов И.И., Мурова Л.Х., Матюхина Е.Н. Динамика эпидемиологических показателей глаукомы в Республике Башкортостан за период 2010–2016 гг. *Клиническая офтальмология*. 2018; 163–7. [Bikbov M.M., Babushkin A.E., Khusnitdinov I.I., Murova L. h., Matyukhina E.N. Dynamics of epidemiological indicators of glaucoma in the Republic of Bashkortostan for the period of 2010–2016. *RMJ "Clinical ophthalmology"*. 2018; 4: 163–7. doi: 10.21689/2311-7729-2018-18-4-163-167
7. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B., Bengtsson B., Hussein M.; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Measuring visual field progression in the Early Manifest Glaucoma Trial. *Acta Ophthalmol. Scand*. 2003; 81: 286–93. doi: 10.1034/j.1600-0420.2003.00070.x
8. Latina M.A., Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp. Eye Res*. 1995 Apr; 60 (4): 359–71. doi: 10.1016/s0014-4835(05)80093-4
9. McAlinden C. Selective laser trabeculoplasty (SLT) vs other treatment modalities for glaucoma: systematic review. *Nature Research. Eye*. 2014 Mar; 28 (3): 249–58. doi: 10.1038/eye.2013.267
10. Wasyluk J. T., Piekarniak-Wozniak A., Grabska-Liberek I. The hypotensive effect of selective laser trabeculoplasty depending on iridocorneal angle pigmentation in primary open angle glaucoma patients. *Arch. Med. Sci.*, 2014 May 12; 10 (2): 306–8. doi: 10.5114/aoms.2014.42583

11. *Kulikov A.N., Maltsev D.S., Kazak A.A., Burnasheva M.A.* Anterior chamber particles are associated with reduction of intraocular pressure after selective laser trabeculoplasty. *Br. J. Ophthalmol.* 2020 Nov; 104 (11): 1508–11. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315445
12. *De Keyser M., De Belder M., De Groot V.* Randomized prospective study of the use of anti-inflammatory drops after selective laser trabeculoplasty. *J. Glaucoma.* 2017 Feb; 26 (2): 22–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000522
13. *Wong M.O., Lee J.W., Choy B.N., Chan J.C., Lai J.S.* Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv. Ophthalmol.* 2015 Jan-Feb; 60 (1): 36–50. doi: 10.1016/j.survophthal.2014.06.006

Вклад авторов в работу: Д.С. Мальцев — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация полученных данных, переработка содержательной части текста, финальная подготовка статьи; А.А. Казак — сбор данных и их интерпретация, анализ литературных данных, написание текста; А.Н. Куликов — участие в разработке концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; А.С. Васильев — участие в сборе и интерпретации полученных данных; М.А. Бурнашева — участие в сборе и интерпретации полученных данных.

Authors' contribution: D.S. Maltsev — concept and design of the study, data collection and interpretation, processing of the content of the text, final processing; A.A. Kazak — data collection and interpretation, literature data analysis, text writing; A.N. Kulikov — participation in the development of the concept and design of the study, final preparation of the article for publication; A.S. Vasilev — participation in the collection and interpretation of the data; M.A. Burnasheva — participation in the collection and interpretation of the data.

Поступила: 01.02.2022. Переработана: 10.03.2022. Принята к печати: 11.03.2022
Originally received: 01.02.2022. Final revision: 10.03.2022. Accepted: 11.03.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБВОУВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Боткинская, д. 21, Санкт-Петербург, 194044, Россия

Дмитрий Сергеевич Мальцев — д-р мед. наук, доцент, заведующий отделением лазерной хирургии кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

Алина Алексеевна Казак — клинический ординатор кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

Алексей Николаевич Куликов — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

Андрей Сергеевич Васильев — врач-офтальмолог кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

Мария Андреевна Бурнашева — врач-офтальмолог кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

Для контактов: Алина Алексеевна Казак,
alinakazak96@gmail.com

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia

Dmitry S. Maltsev — Dr. of Med. Sci, assistant professor; head of the unit of laser surgery of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

Alina A. Kazak — resident of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

Alexey N. Kulikov — Dr. of Med. Sci, professor, head of chair named after professor V.V. Volkov

Andrey S. Vasilev — ophthalmologist of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

Maria A. Burnasheva — ophthalmologist of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

Contact information: Alina A. Kazak,
alinakazak96@gmail.com