

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 617.7-007.681

doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-53-58

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

А.С. Балалин¹, В.П. Фокин¹, С.В. Балалин^{1,2}, Б.Г. Джаши¹, А.С. Саркисян¹

¹Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Автор ответственный за переписку: Сергей Викторович Балалин, s.v.balalin@gmail.com

Аннотация. Проведено обследование и лечение 50 больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы (50 глаз) до и после применения комплексной технологии лазерной хирургии. Проведена селективная лазерная трабекулопластика в сочетании с YAG-лазерной трабекулостомией в проекции расположения водяных вен. Гипотензивный эффект составил на первые сутки 31,1 % от исходного уровня внутриглазного давления и сохранялся в течение месяца после операции за счет улучшения на 62,5 % оттока внутриглазной жидкости. YAG-лазер и данные оптической когерентной томографии позволяют оптимизировать технологию трабекулостомии, предоставляя альтернативное неинвазивное лазерное лечение больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, селективная лазерная трабекулопластика, YAG-лазерная трабекулостомия

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

THE FIRST RESULTS OF THE COMPLEX LASER SURGERY TECHNOLOGY APPLICATION FOR PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA

A.S. Balalin¹, V.P. Fokin¹, S.V. Balalin^{1,2}, B.G. Dzhashi¹, A.S. Sarkisyan¹

¹Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia

²Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Corresponding author: Sergey V. Balalin, s.v.balalin@gmail.com

Abstract. Examination and treatment of 50 patients (50 eyes) with the early stage of primary open angle glaucoma before and after application of complex laser surgery technology was carried out. Selective laser trabeculoplasty in combination with YAG-laser trabeculostomy was performed in the projection of the outflow meshwork. Hypotensive effect was 31,1 % of the initial intraocular pressure level on the 1st post-op day and remained for a month after the surgery due to the outflow improvement of the intraocular fluid by 62,5 %. The YAG-laser and OCT data allow optimization of YAG trabeculostomy, providing an alternative noninvasive laser treatment for patients with primary open angle glaucoma.

Keywords: primary open angle glaucoma, selective laser trabeculoplasty, YAG-laser trabeculostomy

Глаукома остается одной из главных причин слепоты и слабовидения и является в настоящее время одной из актуальнейших проблем офтальмологии. Среди причин слепоты и слабовидения в России глаукома занимает первое место. В нозологической структуре инвалидности доля глаукомы возросла с 20 до 28 % [1].

Нормализация офтальмотонуса при глаукоме является первоочередной и основополагающей задачей.

Эффективность лечения больных глаукомой оценивается по следующим критериям: нормализация офтальмотонуса – по достижению индивидуального внутриглазного давления (ВГД), стабилизация зрительных функций – по данным периметрии, отсутствию прогрессирования глаукомной оптической нейропатии по данным офтальмоскопии, оптической когерентной томографии диска зрительного нерва и сетчатки [1].

Несмотря на появление новых лекарственных препаратов в медикаментозной терапии глаукомы, ведущая роль остается за лазерными и хирургическими методами лечения.

Одним из основных направлений лечения ранних стадий первичной открытоугольной глаукомы являются методики лазерной хирургии, направленные на снижение повышенного ВГД за счет улучшения оттока водянистой влаги по естественным путям – через трабекулярную сеть Шлеммова канала. Одними из первых разработчиков лазерных операций на трабекуле были М.М. Краснов и соавторы (1972), предложившие выполнять гониопунктуру с помощью короткоимпульсного лазера с нанесением на трабекулу 20–25 лазерных импульсов за сеанс мощностью 0,05–0,25 Дж [2]. Гипотензивный эффект данной технологии достигал 12 мм рт. ст., нормализация ВГД отмечалась в 90 % случаях, компенсация офтальмотонуса наблюдалась в течение 5 лет. Недостатки технологии: применение избыточной лазерной энергии приводило к повреждению трабекулы и последующему ее рубцеванию, обнаружение геморрагий в зоне трабекулы и гифемы в раннем послеоперационном периоде.

В 1979 году J. Wise, S. Witter разработали методику аргоновой лазерной трабекулопластики (АЛТ). Данная операция показала высокую эффективность при мультицентровых исследованиях групп пациентов с ПОУГ, наблюдаемых в условиях только гипотензивной терапии и сочетавших гипотензивную терапию с АЛТ. Группа с АЛТ показала большее снижение ВГД в сравнении с изолированной гипотензивной терапией, включая глаза с псевдоэкзофалиативной глаукомой (ПЭГ). При выполнении этой методики по всей окружности в зоне проекции Шлеммова канала наносятся 100 аппликаций, где диаметр наносимого пятна 50 мкм, мощность 400–1200 мВт, экспозиция 0,1 с. В основе гипотензивного эффекта данной методики лежит активное повреждение трабекулярной решетки с изменением ее натяжения (пластики), где ожоговые рубцовые изменения ткани натягивают трабекулярную сеть и повышают ее проницаемость для водянистой влаги [3].

Однако гистологические исследования показали, что АЛТ приводит к коагулирующему разрушению трабекулярной сети Шлеммова канала. При этом между коагулятами возможно образование фиброваскулярной мембраны, приводящей к снижению оттока внутриглазной жидкости и повышению офтальмотонуса. В связи с этим выполнение повторной АЛТ в силу объема вмешательства и изменений

в трабекулярной сети, согласно исследованиям ряда авторов, не рекомендовано [4, 5, 6].

В 1995 году М.А. Latina и соавт. предложили метод селективной лазерной трабекулопластики (селективный фототермолизис) на Nd:YAG-лазере (на илюмоиттриевом гранате) с длиной волны 532 нм. Прицельный луч с диаметром пятна 400 микрон фокусируют на пигментированную трабекулу. Один сеанс лечения охватывает нижний сектор окружности трабекулы – 180°. Располагают 90–100 соприкасающихся, но не перекрывающихся пятен. По методу LatinaMA во время процедуры подбирается субпороговая максимальная энергия, которая не вызывает образования кавитационных пузырьков. Средние значения энергии процедуры 0,5 мДж. Согласно клеточной теории после воздействия СЛТ, посредством выделения медиаторов воспаления, происходит миграция макрофагов, фагоцитирующих пигмент, продукты обмена клеток, экзофалиативные отложения, что очищает зону трабекулы от дебриса и увеличивает ее проницаемость для водянистой влаги. Также данная технология индуцирует экспрессию и секрецию ИЛ-1beta (интерлейкин 1) и TNF-alpha (фактор некроза опухоли альфа) в первые 8 часов после СЛТ. Цитокины инициируют ремоделирование юкстаканаликулярного экстрацеллюлярного матрикса, что приводит к улучшению оттока внутриглазной жидкости [7, 8].

Дальнейшая разработка методики привела к формированию разных вариантов ее исполнения. Иванова Е.С., Туманян Н.Р., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. (2012) для максимального очищения трабекулярной мембраны и улучшения оттока ВГЖ предложили применять селективную лазерную активацию трабекулы (СЛАТ). Оптимальными параметрами СЛАТ являются размеры операционной зоны в диапазоне 90–120° (в среднем, 100°) и число наносимых импульсов в пределах 80–100. По данным авторов, в сравнении с СЛТ, СЛАТ обеспечивает максимальное очищение трабекулярной сети УПК, за счет большего количества «выбитого» в ходе операции пигмента, в 1,5–2 раза более выраженный и продолжительный гипотензивный эффект и в 2,6 раза меньшем числе послеоперационных воспалительных реакций [9].

При надпороговой СЛТ подбирается минимальная энергия, вызывающая эффект образования микрокавитационных пузырьков, а также дефрагментации крупных гранул пигмента, выбивания пигмента с трабекулярной сети. Начальный уровень энергии при данной модификации СЛТ по данным авторов составляет 0,3 мДж, затем ее повышают на 0,1 мДж до порогового эффекта – появление микрокавитационных

пузырьков («брызг шампанского»). Затем повышают энергию на 0,1 мДж до минимального значения, при котором отмечается эффект «выбивания» пигмента с трабекулярной мембраны, дефрагментации крупных гранул пигмента. Значение энергии при надпороговой СЛТ выше установленного порога всего на 0,1–0,2 мДж. Данный метод, кроме фототермолизиса, способствует высвобождению гранул пигмента из трабекулярной сети [10].

Лазерная активация трабекулы (ЛАТ) предполагает нанесение 50–60 аппликаторов на зону трабекулы в проекции Шлеммова канала по окружности 180° Nd-ИАГ-лазером с длиной волны 1064 нм, диаметром пятна 8–10 мкм, мощностью 0,8–1,1 мДж и экспозицией 3 нс. При этом над поверхностью трабекулы образуется ударная волна, которая приводит в движение влагу передней камеры и различные отложения на поверхности трабекулы, осуществляя «промывание» трабекулярных щелей под давлением. Согласно мнению авторов, гипотензивный эффект после ЛАТ менее стабилен, чем после СЛТ. При данной методике лазерное воздействие достигает цели вне зависимости от степени пигментации трабекулы [11].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать и оценить эффективность комплексной оптимизированной технологии лазерной хирургии первичной открытоугольной глаукомы.

Для реализации поставленной цели необходимо было, во-первых, использовать преимущества СЛТ: осуществление активного фототермолизиса пигментных гранул по всей ширине трабекулы за счет использования лазерного пятна диаметром 400 мкм, во-вторых, применение Nd-ИАГ лазера с коротким импульсом 3 нс и диаметром пятна 10 мкм для выполнения ИАГ-лазерной трабекулостомии, которая позволяет после операции значительно снизить повышенный уровень ВГД за счет улучшения оттока водянистой влаги через созданные отверстия в трабекуле.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 50 больных (50 глаз) с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомой. Средний возраст: $(68,9 \pm 1,38)$ года (от 41 до 92 лет). Мужчин – 24, женщин – 26. Распределение по уровню тонометрического ВГД было следующим: с нормальными значениями офтальмотонуса (до 25 мм рт. ст.) были 8 пациентов, 8 глаз (12,2 %), с умеренно-повышенными значениями (от 26 до 32 мм рт. ст.) – 35 пациентов, 35 глаз (53,9 %) и с высоким уровнем

офтальмотонуса (выше 32 мм рт. ст.) – 22 пациента, 22 глаза (33,9 %).

Критерии отбора пациентов: начальная стадия начальная стадия первичной открытоугольной глаукомы, открытый угол передней камеры глаза; наличие экзогенной пигментации I–IV степени; снижение повышенного офтальмотонуса до значений среднестатистической нормы, но превышающих значение индивидуально переносимого давления на фоне медикаментозной гипотензивной терапии (простагландины F-2a, b-адреноблокаторами и/или ингибиторами карбоангидразы).

Критерии исключения: повышенное ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии; закрытый угол передней камеры глаза; развитая и далеко зашедшая глаукома, вторичная глаукома.

Выполнялась ИАГ-трабекулостомия с учетом данных ОКТ переднего сегмента глаза в проекции расположения водяных вен. Параметры лазерного воздействия: длительность импульса 3 нс, диаметр пятна – 10 мкм, энергия импульса 1,5–2,0 мДж с формированием до 10 трабекулостом. ОКТ переднего сегмента выполнялось на диагностическом приборе Triton, фирмы Topcon, Япония.

Селективная лазерная трабекулопластика по методике M.A. Latina и ИАГ лазерная трабекулостомия выполнялась на медицинском приборе Selecta II фирмы Lumenis, США.

Полученные в результате проведенных исследований цифровые значения тонометрии, тонографии обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 фирмы StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различия между средними значениями ($M \pm \sigma$) рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента (t) и при его величине от 2,0 и выше и показателю достоверности различия (p) менее 0,05 ($p < 0,05$) различие расценивалось как клинически значимое.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. представлено состояние трабекулы и водяной вены до и после ИАГ лазерной трабекулостомии.

Гипотензивный эффект и улучшение показателей гидродинамики глаза после применения комплексной технологии лазерной хирургии первичной открытоугольной глаукомы представлены в табл. По данным статической периметрии средние значения MD и PSD были равны $(-1,52 \pm 1,78)$ и $(1,8 \pm 0,31)$ dB соответственно, что соответствует начальной стадии глаукомы.

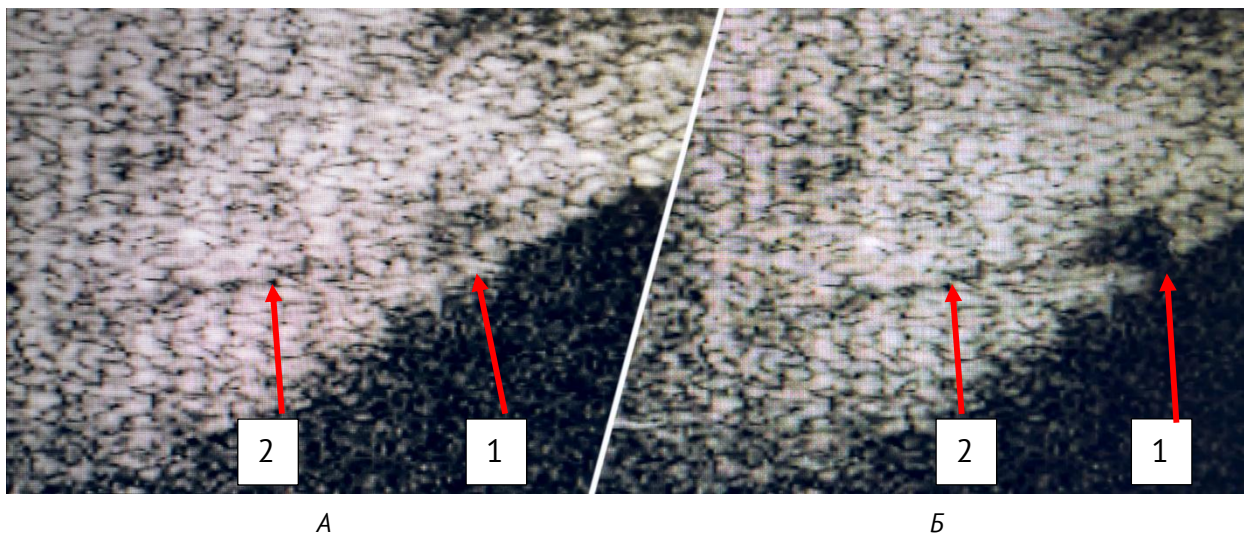


Рис. Ультразвуковая биомикроскопия трабекулы (1) и коллекторной водяной вены (2) до (А) и после ИАГ лазерной трабекулостомии (Б)

Клинико-функциональные показатели у больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы до и после применения комплексной технологии лазерной хирургии (СЛТ + трабекулостомия), 50 глаз, $M \pm \sigma$

Параметры	До лечения	Через 1 сутки	Через 1 мес.
МКОЗ	$0,68 \pm 0,26$	$0,69 \pm 0,25$	$0,69 \pm 0,25$
Тонаграфия			
P_0 , мм рт. ст.	$17,74 \pm 3,52^*$	$12,20 \pm 3,75^{**}$	$12,48 \pm 3,20^{**}$
C , мм ³ /мм рт. ст. × мин	$0,160 \pm 0,091^*$	$0,26 \pm 0,09^{**}$	$0,25 \pm 0,09^{**}$
F , мм ³ /мин	$1,20 \pm 1,13$	$0,70 \pm 0,77$	$0,80 \pm 0,80$
КБ	$170,9 \pm 171,9^*$	$54,1 \pm 30,1^{**}$	$56,3 \pm 29,8^{**}$

Различия между средними значениями * и ** статистически достоверны ($p < 0,05$).

Гипотензивный эффект после применения оптимизированной технологии лазерной хирургии глаукомы отмечался уже через одни сутки после операции, составил 31,1 % от исходного уровня офтальмотонуса на медикаментозном лечении и сохранялся в течение 1 месяца после операции. Снижение офтальмотонуса было обусловлено значительным улучшением оттока водянистой влаги. Коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости увеличился на 62,5 % на первые сутки после операции и на 56,3 % через 1 месяц.

По данным Latina M. A. (1998) гипотензивный эффект СЛТ в течение 26 недель наблюдения составил 23,6 % [8]. Применение комплексной технологии позволяет добиться более выраженного гипотензивного эффекта, который регистрировался уже через одни сутки после проведения процедуры (31,1 %)

и сохранялся на том же уровне в течение 1-го месяца после операции – 30 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

YAG-лазер и данные ОКТ позволяют оптимизировать технологию трабекулостомии, предоставляя альтернативное неинвазивное лазерное лечение больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы.

Планируется проведение дальнейших исследований в отдаленных сроках наблюдения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей / под ред. Е.А. Егорова, В.П. Еричева. М., 2019. 384 с.

2. Краснов М.М., Акопян В.С., Ильина Т.С. Лазерное лечение первичной глаукомы // Вестник Офтальмологии. 1982. № 5. С. 18–22.

3. Wise J.B., Witter S.L. Argon laser therapy for open-angle glaucoma: a pilot study // Arch. of Ophthalmology and glaucoma. 1979. No. 97. P. 319–322.

4. Rodrigues M.M., Spaeth G.L., Donohoo P. Electron microscopy of argon laser therapy in phakic open-angle glaucoma // Ophthalmology. 1982. No. 89. P. 198–210.

5. Ticho U., Zauberman H. Argon laser application to the angle structures in the glaucomas // Arch Ophthalmol. 1976. Vol. 94 (1). P. 61–64.

6. Bradley J.M., Anderssohn A.M., Colvis C.M., Parshey D.E. Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1beta and TNF-alpha // Invest Ophthalmol Vis Sci. 2000. Vol. 41 (2). P. 422–430.

7. Latina M.A., Park C.H. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies at pulsed and CW laser interactions // Exp. Eye Res. 1995. No. 60. P. 359–371.

8. Latina M.A., Sibayan S., Dong H. et al. Q-switched 532-nm Nd-YAG selective laser trabeculoplasty (selective laser trabeculoplasty) // Ophthalmol. 1998. Vol. 105, no. 11. P. 2082–2090.

9. Иванова Е.С., Туманян Н.Р., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. Селективная лазерная активация трабекулы в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // Вестник ОГУ. 2012. № 12 (148). С. 65–68.

10. Балалин С.В., Фокин В.П. Надпороговая СЛТ в лечении больных открытоугольной глаукомой на фоне псевдоэкссфолиативного синдрома // Вестник ТГУ. 2014. № 19 (4). С. 1083–1085.

11. Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А., Кочеткова Ю.А. YAG-лазерная активация трабекулы в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой // Офтальмохирургия. 2014. № 1. С. 47.

REFERENCES

1. National guidelines for glaucoma: for practitioners / pod red. Ye.A. Yegorova, V.P. Yericheva. Moscow, 2019. 384 p. (In Russ.).

2. Krasnov M.M., Akopyan V.S., Ilyina T.S. Laser treatment of primary glaucoma. *Vestnik oftal'mologii = Bulletin of ophthalmology*. 1982;5:18–22. (In Russ.).

3. Wise J.B., Witter S.L. Argon laser therapy for open-angle glaucoma: a pilot study. *Arch. of Ophthalmology and glaucoma*. 1979;97:319–322.

4. Rodrigues M.M., Spaeth G.L., Donohoo P. Electron microscopy of argon laser therapy in phakic open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 1982;89:198–210.

5. Ticho U., Zauberman H. Argon laser application to the angle structures in the glaucomas. *Arch Ophthalmol*. 1976;94(1):61–64.

6. Bradley J.M., Anderssohn A.M., Colvis C.M., Parshey D.E. Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1beta and TNF-alpha. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000;41(2):422–430.

7. Latina M.A., Park C.H. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies at pulsed and CW laser interactions. *Exp. Eye Res*. 1995; 60:359–371.

8. Latina M.A., Sibayan S., Dong H. et al. Q-switched 532-nm Nd-YAG selective laser trabeculoplasty (selective laser trabeculoplasty). *Ophthalmol*. 1998;105(11):2082–2090.

9. Ivanova E.S., Tumanyan N.R., Lyubimova T.S., Subkhangulova E.A. Selective laser activation of the trabecula in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik Orenburg State University*. 2012; 12(148):65–68. (In Russ.).

10. Balalin S.V., Fokin V.P. Suprathreshold SLT in the treatment of patients with open-angle glaucoma associated with pseudoexfoliative syndrome. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta = Tambov University Review*. 2014;19(4):1083–1085. (In Russ.).

11. Sokolovskaya T.V., Doga A.V., Magaramov D.A., Kochetkova Yu.A. YAG-laser activation of the trabecula in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma. *Oftal'mokhirurgiya = Ophthalmosurgery*. 2014;1:47. (In Russ.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Александр Сергеевич Балалин – врач-офтальмолог, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия; a.s.balalin@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

Виктор Петрович Фокин – доктор медицинских наук, профессор, директор, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия; fokin@isee.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2513-9709>

Сергей Викторович Балалин – доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования, Волгоградский государственный медицинский университет, заведующий научным отделом, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-5250-3692>

Бента Гайозовна Джаши – кандидат медицинских наук, заведующий отделением по лечению глаукомы, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия; benta1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5763-888X>

Ануш Самвеловна Саркисян – врач-офтальмолог, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия; Anuchsarkisyan93@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-2504-9068>

Статья поступила в редакцию 20.04.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 30.05.2022.

The authors declare no conflicts of interests.

Information about the authors

Alexander S. Balalin – Ophthalmologist, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia; a.s.balalin@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

Viktor P. Fokin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director, Academician S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Volgograd, Russia; fokin@isee.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2513-9709>

Sergey V. Balalin – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Ophthalmology, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Head of the Scientific Department, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-5250-3692>

Benta G. Jashi – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for the Treatment of Glaucoma, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia; benta1@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5763-888X>

Anush S. Sarkisyan – Ophthalmologist, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia; Anuchsarkisyan93@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-2504-9068>

The article was submitted 20.04.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 30.05.2022.