

Научная статья

УДК 617.7-007.681

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-4-37-43>

## Анализ результатов комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в лечении первичной открытоугольной глаукомы

А.С. Балалин<sup>1</sup>, В.П. Фокин<sup>1</sup>, С.В. Балалин<sup>1,2</sup> ✉, Б.Г. Джаши<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Микрохирургия глаза им. академика С.Н. Фёдорова, Волгоград, Россия

<sup>2</sup> Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

**Аннотация.** В исследование были включены две группы пациентов: контрольная группа – 65 пациентов (65 глаз) с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) до и после селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ) и основная группа – 60 больных начальной и развитой стадиями (60 глаз) ПОУГ до и после оптимизированной технологии YAG-лазерной трабекулостомии. При помощи ОКТ переднего отрезка глаза локализовали коллекторные каналы относительно Шлеммова канала. После операции мониторинг осуществляли через день, а также через 1, 3, 6, 12 и 24 мес. После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии наблюдался гипотензивный эффект уже на первые сутки после операции, который был равен 30 % от исходного уровня внутриглазного давления, тогда как при СЛТ максимальный гипотензивный эффект наблюдался только через 1 мес. после операции (21,5 %). После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии сохранялся гипотензивный эффект – 30 %, через 2 года составил 26,2 % от исходного уровня. Комбинированная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сравнении с СЛТ обладает более выраженным и стойким гипотензивным эффектом, позволяет более прецизионно выполнять операцию в проекции коллекторных канальцев.

**Ключевые слова:** первичная открытоугольная глаукома, трабекулостомия, селективная лазерная трабекулопластика

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-4-37-43>

## Analysis of the results of combined optimized YAG-laser trabeculostomy technology in the treatment of primary open-angle glaucoma

A.S. Balalin<sup>1</sup>, V.P. Fokin<sup>1</sup>, P.V. Balalin<sup>1,2</sup> ✉, B.G. Jashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

**Abstract.** Two groups of patients were included in the study: the control group (prospectively) was 65 patients (65 eyes) with POAG I-II st. before and after SLT, and the main group (prospectively) was 60 patients (60 eyes) with POAG I-II st. before and after optimized YAG-laser trabeculostomy technology. Using OCT of the anterior segment of the eye the collector channel were localized relative to the Schlemm's canal. After surgery, monitoring was performed after one day, one month, 3, 6, 12, 24 months. After optimized YAG-laser trabeculostomy, a pronounced hypotensive effect was observed as early as the first day after surgery and was 30 %, whereas with SLT the maximum hypotensive effect was observed 1 month after surgery (21.5 %). After optimized YAG-laser trabeculostomy, the hypotensive effect was maintained at 30.1 % and was 26.2 % of the initial level 2 years later. Combining optimized YAG-laser trabeculostomy technology in comparison with SLT offers faster IOP reduction to individual values, a more pronounced and sustained hypotensive effect (30 %), and allows more precise surgery in the projection of collector tubules using permissible laser energy values.

**Keywords:** primary open angle glaucoma, laser trabeculostomy, selective laser trabeculoplasty

### ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Глаукома является одной из актуальнейших проблем офтальмологии. Число больных глаукомой в мире в 2020 г. составило около 80 млн человек, причем к 2040 году оно увеличится до 112 млн. Полностью слепых от глаукомы в настоящее время –

более 11 млн человек. В Российской Федерации среди причин слепоты и слабовидения глаукома занимает первое место [1].

Нормализация офтальмотонуса является главной задачей в лечении глаукомы, оценка эффективности которого основывается на достижении индивидуального

© Балалин А.С., Фокин В.П., Балалин С.В., Джаши Б.Г., 2023

© Balalin A.S., Fokin V.P., Balalin P.V., Jashi B.G., 2023

уровня внутриглазного давления (ВГД), стабилизации зрительных функций на основе результатов стандартной автоматизированной периметрии, отсутствии прогрессирования глаукомной оптической нейропатии по данным офтальмоскопии, оптической когерентной томографии (ОКТ) диска зрительного нерва и сетчатки. Несмотря на многообразие и гипотензивный эффект антиглаукомных препаратов, ведущая роль продолжает оставаться за лазерными и хирургическими методами лечения [1].

К основным способам лечения ранних стадий первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) относят методики лазерной хирургии, направленные на снижение повышенного офтальмотонуса за счет улучшения оттока внутриглазной жидкости через трабекулярную сеть Шлеммова канала. Одним из первых разработчиков лазерных операций на трабекуле был академик М.М. Краснов (1972), предложивший выполнять гониопунктуру с помощью короткоимпульсного лазера. Операция предполагала нанесение на трабекулу 20–25 лазерных импульсов за сеанс мощностью 0,05–0,25 Дж [2]. Гипотензивный эффект данной технологии достигался за счет создания прямого сообщения между передней камерой глаза и эмиссариями. Внутриглазное давление снижалось в среднем на 12 мм рт. ст., нормализация офтальмотонуса отмечалась в 90 % случаях, его компенсация наблюдалась в течение 5 лет. Однако избыточная лазерная энергия приводила к повреждению и последующему рубцеванию трабекулы, повышала риск возникновения гифем в раннем послеоперационном периоде.

Аргоновая лазерная трабекулопластика (АЛТ) была предложена в 1979 году J. Wise и S. Witter. Данная методика получила широкое распространение в офтальмологической практике и, согласно мультицентровым исследованиям, продемонстрировала высокую эффективность у больных первичной открытоугольной глаукомой, сочетавших гипотензивную терапию с АЛТ. В ходе этой операции по всей окружности Шлеммова канала наносятся 100 аппликаций, при которых диаметр наносимого пятна – 50 мкм, мощность – 400–1200 мВт, экспозиция – 0,1 с. Гипотензивный эффект достигался за счет активного повреждения трабекулы с изменением ее натяжения (пластики), где ожоговые рубцовые изменения ткани натягивали трабекулярную сеть и улучшали ее проницаемость для водянистой влаги. При подборе мощности добивались очаговой депигментации, иногда с образованием пузырьков газа [3].

Однако многочисленные морфологические исследования показали, что АЛТ приводит к коагулирующему разрушению трабекулярной сети Шлеммова канала в местах лазерных аппликаций. Между ними впоследствии может формироваться фиброзно-вазкулярная мембрана, приводящая к снижению оттока

внутриглазной жидкости, повышению офтальмотонуса и снижению эффективности при последующих повторных лазерных операциях [4, 5].

В 1995 г. была предложена методика селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ, селективного фототермолизиса) с использованием Nd:YAG-лазера, разработанная М.А. Latina и соавторами. При этом методе импульсы наносятся на зону пигментированной трабекулы в нижнем секторе с охватом окружности – 180°. Количество импульсов колеблется от 50 до 70 за операцию. Согласно предложенной методике во время процедуры подбирается субпороговая максимальная энергия, которая не вызывает образования кавитационных пузырьков – Champagne Bubbles. Средние значения энергии процедуры 0,5 мДж, диаметр пятна 400 мкм. Снижение ВГД после СЛТ связано с разрушением пигментированных клеток трабекулярной сети и биологическим ответом на лазерное воздействие: повышение экспрессии цитокинов (IL-1, IL-6, IL-8, ФНО- $\alpha$ ), которые повышают активность матриксных металлопротеиназ, активируют миграцию макрофагов, что в итоге обуславливает фототермолизис пигментных гранул, ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса и улучшение оттока внутриглазной жидкости за счет очистки зоны трабекулы от дебриса [6, 7, 8].

Дальнейшее совершенствование методики привело к разработке новых вариантов ее исполнения. Е.С. Иванова, Н.Р. Туманян, Т.С. Любимова, Э.А. Субхангулова (2012) для максимального очищения трабекулярной мембраны и улучшения оттока ВГЖ предложили применять селективную лазерную активацию трабекулы (СЛАТ). СЛАТ обеспечивала максимальное очищение трабекулярной сети угла передней камеры глаза, за счет двукратного равномерного и плотного нанесения перекрывающихся друг друга лазерных аппликаторов. Это обуславливает в 1,5–2 раза более выраженный и продолжительный гипотензивный эффект, чем у СЛТ по стандартной методике [9].

В лазерной активации трабекулы (ЛАТ) предполагается нанесение 50–60 аппликаторов в проекции Шлеммова канала по окружности 180° YAG-лазером с длиной волны 1064 нм, диаметром пятна 8–10 мкм, мощностью 0,8–1,1 мДж и экспозицией 3 нс, что приводит к образованию ударной волны над поверхностью трабекулы, которая приводит в движение влагу передней камеры, осуществляя «промывание» трабекулярных щелей под давлением. Однако, согласно исследованиям, гипотензивный эффект после ЛАТ менее стабилен, чем после СЛТ [10, 11].

При надпороговой СЛТ подбирается минимальная энергия, вызывающая эффект образования микрокавитационных пузырьков. Данный метод обладает более глубоким воздействием лазерной энергии на пигментные гранулы, их дефрагментацию

и последующий, более выраженный фототермолизис, что приводит к более полному очищению трабекулярной ткани и улучшению оттока водянистой влаги. 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. Значение энергии при надпороговой СЛТ выше установленного порога всего на 0,1–0,2 мДж [12].

Однако отсутствие стойкого гипотензивного эффекта лазерных операций привело к поиску новых методов и комбинаций с различным механизмом воздействия на трабекулу [13]. Известны работы комбинированных лазерных операций по глаукоме: трабекулопунктура и лазерная трабекулопластика (ЛТП), одномоментное или поэтапное выполнение СЛТ и ЛТП и др., но данные методы обладают следующими недостатками:

- высокая применяемая мощность лазера,
- применение ЛТП, как этапа операции, с коагулирующим эффектом может приводить к повышению ВГД в раннем послеоперационном периоде, к формированию фиброзно-вазкулярной мембраны, гониосинехий и снижению эффективности при последующих повторных лазерных операциях.

Поэтому в настоящее время для достижения более выраженного гипотензивного эффекта при выполнении лазерной хирургии на трабекуле является целесообразным использование СЛТ в сочетании с YAG-лазером и данными ОКТ переднего отрезка глаза [14, 15], что позволяет прецизионно в проекции коллекторных канальцев создавать устойчивые к рубцеванию перфорации в трабекуле в виде комбинированной технологии – оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать комбинированную технологию оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и оценить ее эффективность и безопасность в лечении первичной открытоугольной глаукомы.

Для реализации поставленной цели необходимо было, во-первых, использовать преимущества СЛТ – осуществление активного фототермолиза пигментных гранул, во-вторых, применение YAG-лазера для выполнения трабекулостомии, позволяющей значительно снизить повышенный уровень ВГД за счет улучшения оттока водянистой влаги посредством анастомоза с коллекторными канальцами.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование были включены 2 группы пациентов: контрольная группа – 65 пациентов (65 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой (I ст. – 33 глаза, II ст. – 32 глаза) до и после СЛТ. Средний возраст

(65,5 ± 8,3) года (M ± σ) и основная группа – 60 пациентов (60 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой (I ст. – 31 глаз, II ст. – 29 глаз) до и после оптимизированной технологии YAG-лазерной трабекулостомии. Средний возраст (68,8 ± 7,7) года (M ± σ).

Критериями отбора пациентов в основную и контрольную группы являлись: начальная и развитая стадии первичной открытоугольной глаукомы, снижение ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии до значений средней статистической нормы, но превышающее индивидуальные значения ВГД, а также пигментация угла передней камеры I–IV степени и визуализация Шлеммова канала и коллекторных канальцев по данным ОКТ.

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

Пациентам проводилось комплексное офтальмологическое обследование, включающее визометрию (Reichert Inc., США), стандартную автоматизированную периметрию (периметр 720i, Humphrey, США), тонографию (Глаутест 60, Спецмедприбор, РФ), биомикроофтальмоскопию трехзеркальной линзой Гольдмана, оптическую когерентную томографию (ОКТ) диска зрительного нерва и переднего отрезка глаза (DRI OCT Triton, Япония), определение индивидуально переносимого ВГД (с учетом возраста и диастолического АД в плечевой артерии), эндотелиальную микроскопию роговицы (EM-3000, Tomey, Япония) и иммуноферментный анализ слезы на провоспалительные интерлейкины 6 и 17, ФНО-α (Infinite F50 Tescan, Австрия).

Для применения YAG-лазерной трабекулостомии была разработана методика определения топографии коллекторных канальцев и Шлеммова канала. При помощи ОКТ переднего отрезка глаза локализовали коллекторные канальцы относительно Шлеммова канала. Затем на серии снимков фиксировали диаметр коллекторного канальца, длину большой и малой осей Шлеммова канала, производили расчет площади среза Шлеммова канала по формуле расчета площади эллипса:

$$S = \pi \times a / 2 \times b / 2,$$

где S – площадь поперечного среза Шлеммова канала, π – математическая постоянная, равная отношению длины окружности к ее диаметру, a – длина большой оси Шлеммова канала, b – длина малой оси Шлеммова канала.

Зона выполнения операции отмечалась как на анфас-снимке, так и в виде нанесенной пациенту метки у лимба для последующей проекции наклоненной световой щели при гониоскопии у щелевой лампы по ходу этой метки.

Методика выполнения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии подразделялась на 2 этапа:

I этап – селективная лазерная трабекулопластика по стандартной методике М.А. Latina: Nd:YAG-лазер Tango Lasereх (Австралия), длина волны 532 нм, диаметр пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс, по нижнему сектору угла передней камеры глаза по дуге 180°, линза Latina, средний уровень энергии одного импульса 0,5 мДж;

II – этап YAG-лазерная трабекулостомия: формирование от 4 до 8 трабекулом в проекции коллекторных канальцев с нанесением от 2 до 5 лазерных аппликатов до получения трабекулостомы (появление белесого пятна – визуализация участка склеры в проекции трабекулостомы). На данную технологию получен патент РФ на изобретение № 2788105 от 04.02. 2022 г.

После операции мониторинг осуществляли через день, месяц, 3, 6, 12, 24 мес.

При обработке данных использованы методы вариационной статистики с определением средней величины, среднего квадратичного отклонения, критерия Стьюдента и уровня значимости  $p$ . Расчеты проводились в программах STATISTICA 10.0 (StatSoft, США) для Windows (Microsoft Corporation, США) и Numbers 13.0 для macOS (Apple Inc., США).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлено состояние трабекулы и коллекторных канальцев до и после комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии. Исходно: большая ось Шлеммова канала – 220 мкм, малая ось – 38 мкм, площадь среза Шлеммова канала: 6 563 мкм<sup>2</sup>. После операции: большая ось Шлеммова канала – 275 мкм, малая ось – 51 мкм, площадь среза Шлеммова канала: 11 010 мкм<sup>2</sup>.

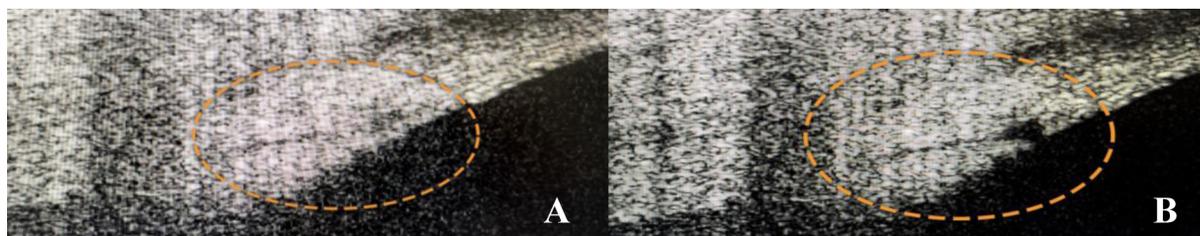


Рис. 1. ОКТ трабекулы и коллекторного канальца до (А) и после (В) комбинированной технологии YAG-лазерной трабекулостомии

После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии выраженный гипотензивный эффект наблюдался уже на первые сутки после операции и составил 30 %, тогда как при СЛТ по стандартной методике максимальный гипотензивный эффект наблюдался только через 1 мес. после операции и был равен 21,5 %. В течение 1 года отмечалось постепенное снижение гипотензивного эффекта после СЛТ до 17,2 %. После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии сохранялся гипотензивный эффект – 30 %, который через 2 года наблюдений составил 26,2 % от исходного уровня.

Частота применения комбинированной медикаментозной терапии у пациентов основной группы после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии была на 17,9 % меньше, чем в контрольной группе. Частота отмены медикаментозной терапии после лазерной хирургии выявлена в 18,4 % случаях, что в 1,8 раза больше, чем у пациентов контрольной группы (10,3 %).

Коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости у основной группы после YAG-лазерной трабекулостомии увеличился на 117 % на следующие сутки после операции и, в отличие от контрольной группы, был значительно выше, сохраняясь в течение года.

В основной (60 глаз) и в контрольной (65 глаз) группах у пациентов интра- и послеоперационных ос-

ложнений не выявлено. При необходимости усиления медикаментозной гипотензивной терапии для достижения индивидуально переносимого ВГД выполнялась повторная СЛТ: в контрольной группе – в 29 случаях (44,6 %); в основной – в 6 случаях (10 %).

При повышении ВГД выше индивидуально переносимого офтальмотонуса на максимальной гипотензивной медикаментозной терапии и прогрессировании глаукомной оптической нейропатии по данным периметрии и ОКТ ДЗН выполнено хирургическое лечение глаукомы в контрольной группе в 9 случаях (13,8 %), а в основной группе – в 4 случаях (6,7 %) (рис. 2, 3).

Абсолютный успех оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии, когда медикаментозная терапия была прекращена, составил 18,3 % и был выше, чем в контрольной группе СЛТ. При этом отмечалось, что относительный успех при оптимизированной технологии достигался на фоне медикаментозной терапии при исходном значении коэффициента легкости оттока от 0,09 мм<sup>3</sup>/мм рт. ст. × мин и выше и при площади среза Шлеммова канала более 2640 мкм<sup>2</sup>. Неудач при проведении оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии был в 2 раза меньше, чем в контрольной группе – в 6,7 % случаев против 13,9 %.

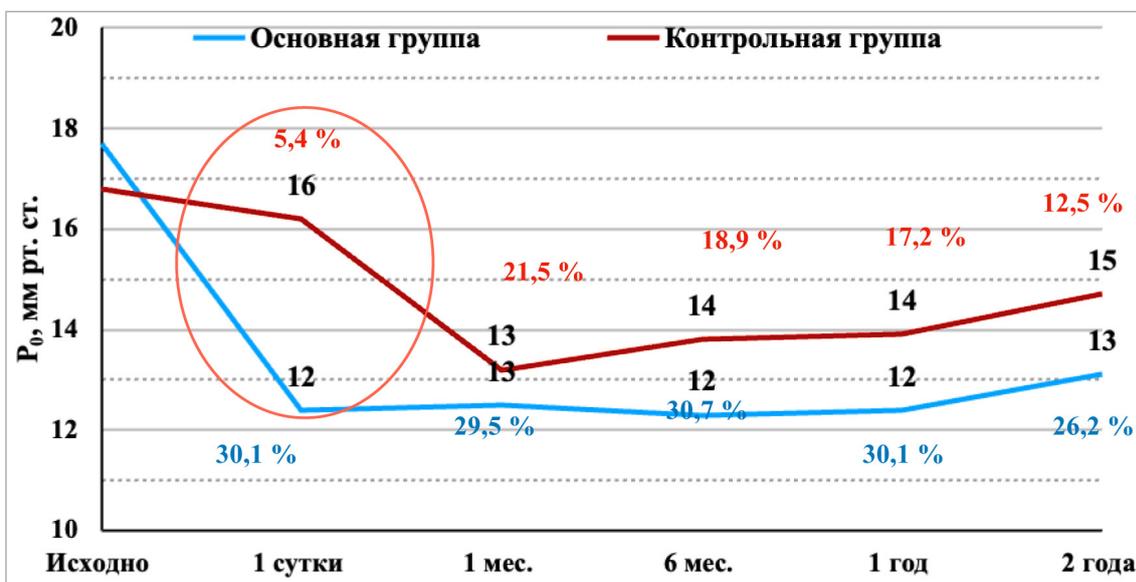


Рис. 2. Динамика изменения ВГД ( $P_0$ ) в основной (оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия) и 2-й контрольной (СЛТ) группах



Рис. 3. Динамика изменения значений коэффициента легкости оттока водянистой влаги ( $C$ ) в основной (оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия) и 2-й контрольной (СЛТ) группах

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

YAG-лазер и данные ОКТ переднего сегмента глаза позволяют оптимизировать технологию трабекулостомии, предоставляя альтернативное неинвазивное лазерное лечение больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы.

Комбинированная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сравнении с СЛТ позволяет более быстро снизить ВГД до индивидуальных значений, обладает более выраженным и стойким гипотензивным эффектом (30 %), позволяет более

прецизионно выполнять операцию в проекции коллекторных канальцев, используя допустимые значения лазерной энергии.

### 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;51:8–22.

3. Wise J.B., Witter S.L. Argon laser therapy for open-angle glaucoma: a pilot study. *Archives of ophthalmology*. 1979;97:319–322. doi: 10.1001/archophth.1979.01020010165017.

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. *Archives of ophthalmology*. 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. *Investigative ophthalmology & visual science*. 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. *Experimental eye research*. 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. Иванова Е.С., Туманян Н.Р., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. Селективная лазерная активация трабекулы в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2012;12(148):65–68.

10. Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А., Кочеткова Ю.А. YAG-лазерная активация трабекулы в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой. *Офтальмохирургия*. 2014;1:47.

11. Кочеткова Ю.А., Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А. Методы лазерной активации трабекулы в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой. *Практическая медицина*. 2013;1-3(70):30–33.

12. Балалин С.В., Фокин В.П. Надпороговая СЛТ в лечении больных открытоугольной глаукомой на фоне псевдоэкзофоллиативного синдрома. *Вестник Тамбовского государственного университета*. 2014;19(4):1083–1085.

13. Балалин А.С., Фокин В.П., Балалин С.В. и др. Первые результаты применения комплексной технологии лазерной хирургии первичной открытоугольной глаукомы. *Вестник ВолГМУ*. 2022;19(2):53–58. doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-53-58.

14. Wang L.Y., Su G.Y., Wei Z.Y., Zhang Z.J., Liang Q.F. Progress in the basic and clinical research on the Schlemm's canal. *International Journal of Ophthalmology*. 2020;13(5):816–821.

15. Гостева Н.Н., Гостева К.Е. Лазерная трабекулопунктура в лечении первичной открытоугольной глаукомы. *Лазерная медицина*. 2021;25(3S):71.

#### REFERENCES

1. National guidelines for glaucoma: for practitioners. E.A. Egorova, V.P. Elicheva (ed.). Moscow, 2019. 384 p. (In Russ.).

2. Krasnov M.M., Akopyan V.S., Plyina T.S. Laser treatment of primary glaucoma. *Vestnik Oftalmologii = The Russian Annals 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. *Archives of ophthalmology*. 1979;97:319–322. doi: 10.1001/archophth.1979.01020010165017.

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. *Archives of ophthalmology*. 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. *Investigative ophthalmology & visual science*. 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. *Experimental eye research*. 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 of the Orenburg State University*. 2012;12(148):65–68. (In Russ.).

10. 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 = Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2014;1:47. (In Russ.).

11. Kochetkova Yu. A., Sokolovskaya T. V., Doga A.V., Magaramov D.A. Methods of laser activation of trabecula in treatment of patients with primary open angle glaucoma. *Prakticheskaya meditsina = Practical medicine*. 2013;1-3(70):30–33. (In Russ.).

12. 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 = Bulletin of the Tambov State University*. 2014;19(4):1083–1085. (In Russ.).

13. Balalin A.S., Fokin V.P., Balalin S.V. et al. The first results of the complex laser surgery technology application for primary open-angle glaucoma. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Journal of Volgograd State Medical University*. 2022;19(2):53–58. (In Russ.) doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-53-58.

14. Wang L.Y., Su G.Y., Wei Z.Y., Zhang Z.J., Liang Q.F. Progress in the basic and clinical research on the Schlemm's canal. *International Journal of Ophthalmology*. 2020;13(5):816–821.

15. Gosteva N.N., Gosteva K.E. Laser trabeculopuncture in the treatment of primary open angle glaucoma. *Lazernaya meditsina = Laser Medicine*. 2021;25(3S):71. (In Russ.).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Информация об авторах**

*Александр Сергеевич Балалин* – врач-офтальмолог, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, 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, Волгоградский филиал, 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, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия; [s.v.balalin@gmail.com](mailto:s.v.balalin@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0002-5250-3692>

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

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 03.11.2023; принята к публикации 28.11.2023.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Information about the authors**

*Alexander S. Balalin* – ophthalmologist, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd branch, 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 Branch, Volgograd, Russia; fokin@isee.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2513-9709>

*Sergei 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 of Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd Branch, Volgograd, Russia; [s.v.balalin@gmail.com](mailto:s.v.balalin@gmail.com), <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 Branch, Volgograd, Russia; bental@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5763-888X>

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 03.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.