

ГИДРОДИНАМИКА ГЛАЗА ПРИ СОЧЕТАНИИ YAG-ЛАЗЕРНОЙ АКТИВАЦИИ ТРАБЕКУЛЫ И ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ И ОСЛОЖНЕННОЙ КАТАРАКТЫ

Соколовская Т.В.¹,

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела хирургии глаукомы;

Горбунова Н.Ю.²,

кандидат медицинских наук, заведующая отделением хирургии глаукомы;

Яшина В.Н.¹,

врач-офтальмолог, аспирант отдела хирургии глаукомы;

Махно Н.А.¹,

клинический ординатор.

¹ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»

Минздрава Российской Федерации

27486, Москва, Бескудниковский бульвар

² Чебоксарский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава Российской Федерации

428028, Чебоксары, просп. Тракторостроителей, д.10.

EYE HYDRODYNAMICS AFTER COMBINED YAG-LASER ACTIVATION OF TRABECULA AND PHACOEMULSIFICATION IN THE TREATMENT OF PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA AND COEXISTING CATARACT

¹ **Sokolovskaya T.V.,**

Ph.D., Leading Research Associate of Glaucoma Surgery Dept.

² **Gorbunova N.Yu.,**

Ph.D., Chief of Glaucoma Surgery Dept.

¹ **Yashina V.N.,**

M.D., Postgraduate.

¹ **Mahno N.A.,**

Resident.

¹ *S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution*

127486 Moscow, Russia, Beskudnikovsky Blvd. 59A

² *Cheboksary Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution*

428028, Cheboksary, Russia, Avenue of Traktorostroitelej, 10

[DOI: 10.31618/asj.2707-9864.2021.2.45.76](https://doi.org/10.31618/asj.2707-9864.2021.2.45.76)

Для цитирования: Соколовская Т.В., Горбунова Н.Ю., Яшина В.Н., Махно Н.А. Гидродинамика глаза при сочетании YAG-лазерной активации трабекулы и факоэмульсификации в лечении первичной открытоугольной глаукомы и осложненной катаракты. Национальный журнал Глаукома....

Конфликт интересов отсутствует.

Эта статья ранее не была опубликована, а также не представлена для рассмотрения и публикации в другом журнале.

For citations: Eye hydrodynamics after combined YAG-laser activation of trabecula and phacoemulsification in the treatment of primary open-angle glaucoma and coexisting cataract. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma.*

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

Реферат. Цель исследования – изучить механизм действия YAG-лазерной активации трабекулы (YAG-ЛАТ) с последующей факоэмульсификацией (ФЭ) и исследовать состояние гидродинамики глаза после предложенной технологии комбинированного лечения первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) и осложненной катаракты.

Материал и методы. В клиническое исследование вошли 70 пациентов (70 глаз) с начальной, развитой стадиями ПОУГ и осложненной катарактой. Среди пациентов было 42 женщины (60%) и 28 мужчин (40%), средний возраст пациентов составил 68,8±8,2 лет.

В ходе исследования были сформированы две группы пациентов: основная группа – 36 пациентов (36 глаз), которым проводилось комбинированное лечение – YAG-лазерная активация трабекулы и ФЭ; и контрольная группа – 34 пациента (34 глаза), которым была выполнена только факоэмульсификация. Срок наблюдения – до 2-х лет после проведенного лечения.

Средний уровень ВГД по Маклакову у пациентов основной и контрольной группы до лечения составлял 24,1±2,52 мм рт.ст. и 23,0±2,41мм рт.ст. соответственно. Среднее количество используемых пациентами гипотензивных препаратов до операции в основной группе было 1,53±0,65, в контрольной – 1,44±0,50.

Пациентам основной группы (10 глаз) проводилась лазерная фотометрия (тиндалеметрия) на этапах комбинированного лечения. Лазерная фотометрия, или тиндалеметрия, выполнялась с помощью аппарата FS-2000 (KOWA, Япония) с целью оценки степени опалесценции влаги передней камеры.

Результаты. Интраоперационных осложнений у пациентов обеих групп отмечено не было. В 1-е сутки после комбинированного лечения реактивный подъем ВГД был отмечен в 8,3% случаев, в контрольной группе (после ФЭ) – в 32,4% случаев.

В отдаленном послеоперационном периоде (24 месяца) в основной группе средний уровень ВГД по Маклакову был равен $18,64 \pm 1,31$ мм рт.ст. (снижился в среднем на 21,1% по сравнению с исходным значением); в контрольной группе – $21,36 \pm 1,91$ мм рт.ст. (достоверно не отличался от исходного уровня, $p=0,234$). Важно отметить, что коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости у пациентов основной группы увеличился с $0,10 \pm 0,02$ до $0,20 \pm 0,03$ мм³/мин/мм рт.ст. ($p<0,0001$), у пациентов контрольной – данный показатель практически не изменился.

Среднее количество используемых гипотензивных средств в основной группе пациентов уменьшилось с $1,53 \pm 0,65$ до $0,64 \pm 0,56$ ($p<0,0001$), в контрольной группе – увеличилось с $1,44 \pm 0,50$ до $1,92 \pm 0,28$ ($p=0,001$).

По результатам лазерной фотометрии после YAG-ЛАТ среднее значение опалесценции увеличилось практически в 3 раза в сравнении с исходным ($p<0,0001$), и после ФЭ – снизилось практически до исходного ($p<0,001$).

Заключение. Разработанная технология комбинированного лечения пациентов с ПОУГ и осложненной катарактой имеет патогенетическую направленность, позволяет достигнуть стойкой нормализации ВГД после YAG-ЛАТ с ФЭ за счет активации трабекулы, усиления оттока камерной влаги, что подтвердили данные тонографии и результаты лазерной фотометрии.

Abstract. The aim is to study the mechanism of action of YAG-laser activation of trabecula (YAG-LAT) with subsequent phacoemulsification and to investigate the state of eye hydrodynamics after the proposed technology of combined treatment of primary open-angle glaucoma (POAG) and coexisting cataract.

Material and methods. The clinical study included 70 patients (70 eyes) with initial, advanced stages of POAG and coexisting cataract. There were 42 women (60%) and 28 men (40%), the median age of patients was 68.8 ± 8.2 years.

In the course of the study two groups of patients were formed: the main group – 36 patients (36 eyes), who underwent combined treatment – YAG-laser activation of trabecula and phacoemulsification; and the control group – 34 patients (34 eyes), who underwent phacoemulsification alone. The follow-up period is up to 2 years after treatment.

The baseline IOP by Maklakov in the combined and control groups was 24.1 ± 2.52 mm Hg and 23.0 ± 2.41 mm Hg respectively. The mean medication use was 1.53 ± 0.65 in the combined group and 1.44 ± 0.50 in the control group.

The degree of opalescence of the aqueous humour in the anterior chamber was assessed by laser photometry, or tindalemetry (FS-2000, KOWA, Japan). Laser flare and cell photometry was performed on patients of the main group (10 eyes) at the stages of combined treatment.

Results. There were no intraoperative complications in patients of both groups. On the first day ocular hypertension was in 8.3% of cases after the combined treatment and in 32.4% of cases after phacoemulsification.

In the long-term postoperative period (24 months), the mean IOP reduction (by Maklakov) was 18.64 ± 1.31 mm Hg (decreased by 21.1% compared to the baseline IOP) in the main group; 21.36 ± 1.91 mm Hg (did not significantly differ from the baseline IOP, $p=0.234$) in the control group. The mean outflow facility increased from 0.10 ± 0.02 to 0.20 ± 0.03 mm³/min/mm Hg in the main group ($p<0.0001$) and has not changed in the control group.

The mean medication use decreased from 1.53 ± 0.65 to 0.64 ± 0.56 in the combined group ($p<0.0001$), and increased from 1.44 ± 0.50 to 1.92 ± 0.28 in the control group ($p=0.001$).

According to the results of laser photometry, the mean opalescence value increased almost 3 times compared to the initial value after YAG-LAT ($p<0.0001$), and it decreased almost to the initial value after phacoemulsification ($p<0.001$).

Conclusion. The developed technology of combined treatment of POAG and coexisting cataract allows to achieve normalization of IOP after YAG-LAT with phacoemulsification by increasing the outflow facility according to tonography data and has a pathogenetic orientation, confirmed by the results of laser photometry.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, комбинированное лечение, YAG-лазерная активация трабекулы, факоэмульсификация, лазерная фотометрия.

Keywords: primary open-angle glaucoma, combined treatment, YAG-laser activation of trabecula, phacoemulsification, laser photometry.

Актуальность. Катаракта и глаукома, как известно, являются ведущими причинами слепоты в мире, и составляют 30% и 8% от общего числа случаев слепоты соответственно [1, 2].

Необходимость хирургического лечения катаракты остается в настоящее время одной из

актуальных проблем, и, несомненно, в последние годы значительно увеличился объем операций по удалению катаракты, и была усовершенствована технология факоэмульсификации [3]. Основным клиническим результатом факоэмульсификации катаракты, несомненно, является повышение

зрительных функций, и, по данным научной литературы, после данного вмешательства также отмечается незначительный гипотензивный эффект [4, 5, 6, 7].

Для снижения офтальмотонуса у пациентов с ПОУГ и осложненной катарактой достаточно широко применяются одномоментные комбинированные вмешательства [4, 8, 9]. Они позволяют получить высокие зрительные функции и стойкую нормализацию ВГД в отдаленном послеоперационном периоде, а также обеспечивают снижение риска осложнений, ускорение процессов заживления и сокращение сроков реабилитации пациентов [10, 11].

Применение современных лазерных технологий лечения глаукомы, направленных на улучшение оттока камерной влаги, снижение ВГД в комбинированном лечении пациентов с глаукомой и осложненной катарактой обоснованно является перспективным и актуальным направлением [6, 7].

Лазерные антиглаукомные вмешательства оказывают минимальное повреждающее действие на трабекулярную ткань и обладают патогенетической направленностью [7, 12]. Безопасность, относительная техническая простота выполнения лазерных операций в лечении ПОУГ обеспечивают короткий период реабилитации пациентов в послеоперационном периоде при минимальном риске послеоперационных осложнений [6, 7].

Технология YAG-лазерной активации трабекулы, разработанная в МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова» (Магарамов Д.А., Дога А.В., 2005 г, патент РФ №2281743), продемонстрировала высокую эффективность, безопасность в лечении начальной и развитой стадий ПОУГ, независимо от степени пигментации структур угла передней камеры (УПК) [12, 13]. Механизм действия данной технологии заключается в следующем: при нанесении лазерных аппликаторов над поверхностью трабекулы образуется ударная волна, которая приводит в движение влагу передней камеры с гранулами аморфного вещества и других отложений, освобождая от них межтрабекулярные щели, что способствует улучшению оттока камерной влаги, т.е. осуществляется "промывание под давлением" [13]. Таким образом, указанный способ лазерного воздействия способствует очищению и активации трабекулярных структур [13].

На основании изложенного была разработана технология, которая заключается в сочетании YAG-ЛАТ и фактоэмulsionификации при лечении ПОУГ и осложненной катаракты [14].

Цель исследования – изучить механизм действия YAG-лазерной активации трабекулы с последующей фактоэмulsionификацией и исследовать состояние гидродинамики глаза после предложенной технологии комбинированного лечения ПОУГ и осложненной катаракты.

Материал и методы. В клиническое

исследование вошли 70 пациентов (70 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой. Среди пациентов было 42 женщины (60%) и 28 мужчин (40%), возраст пациентов - от 53-х до 85 лет; средний возраст составил $68,8 \pm 8,2$ лет. Начальная стадия глаукомы была диагностирована на 55-ти глазах (78,6%), развитая – на 15-ти глазах (21,4%).

В исследование были включены пациенты с осложненной катарактой в сочетании с ПОУГ в начальной, развитой стадиях, ранее не оперированные с применением лазерных технологий и хирургических методов лечения глаукомы; с открытым УПК и 1-3 степенью пигментации структур дренажной зоны (Нестеров А.П., 2008) [15]; с умеренно повышенным уровнем ВГД (не более 30 мм рт. ст. по Маклакову) без и/или на фоне гипотензивных средств, нормальным уровнем ВГД на фоне гипотензивной терапии; с псевдоэкзофиативным синдромом I и II стадии по классификации Ерошевской Е.Б. (1997) [16].

В ходе исследования были сформированы две группы пациентов: основная группа – 36 пациентов (36 глаз), которым проводилось комбинированное лечение – YAG-лазерная активация трабекулы и ФЭ; и контрольная группа – 34 пациента (34 глаза), которым была выполнена только фактоэмulsionификация.

Срок наблюдения – до 2-х лет после проведенного лечения.

Всем пациентам были выполнены следующие методы исследования: визометрия, автокераторефрактометрия, ультразвуковая и оптическая биометрия, кинетическая и компьютерная периметрия, биомикроскопия, тонометрия, тонография, непрямая офтальмоскопия, гониоскопия, конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия (HRT).

Средний уровень ВГД по Маклакову у пациентов основной и контрольной группы до лечения составлял $24,1 \pm 2,52$ мм рт.ст. и $23,0 \pm 2,41$ мм рт.ст. соответственно. Среднее количество используемых пациентами гипотензивных препаратов до операции в основной группе было $1,53 \pm 0,65$, в контрольной – $1,44 \pm 0,50$.

Степень плотности катаракты (по Buratto L., 1999) [17] была III и IV: в основной группе – в 72,2% и 27,8% случаев соответственно, в контрольной группе – в 73,5% и 26,5% случаев соответственно.

При гониоскопии у всех пациентов определялся открытый УПК (от средней ширины до широкого), пигментация структур дренажной зоны была 1-3 степени (Нестеров А.П., 2008) [15].

Пациентам основной группы проводили комбинированное лечение – YAG-лазерную активацию трабекулы с последующей фактоэмulsionификацией катаракты [14].

Предоперационная подготовка включала в себя однократную инстилляцию раствора бримонидина 0,15% за 1 час до лазерного воздействия с целью профилактики реактивного подъема ВГД и эпibuльбарную анестезию

(двукратная инстилляцией раствора проксиметакаина 0,5% непосредственно перед вмешательством). Для проведения YAG-ЛАТ использовался Nd-YAG-лазер «Selecta Trio» фирмы Lumenis Ltd. (Израиль) со следующими параметрами: длина волны – 1064 нм, диаметр пятна – 10 мкм, экспозиция – 3 нс, энергия – 0,8-1,2 мДж.

На глаз устанавливали контактную линзу Гольдмана для гониоскопии, через боковые зеркала

линзы луч лазера фокусировали на поверхность трабекулы (рисунок 1), на уровне проекции шлеммова канала осуществляли последовательно лазерное воздействие единичными аппликатами в количестве 55–70 (протяженностью 360 градусов) на равном друг от друга расстоянии, при энергии в импульсе 0,8-1,2 мДж так, чтобы в точке фокусировки образовался мелкий пузырек (рисунок 2).

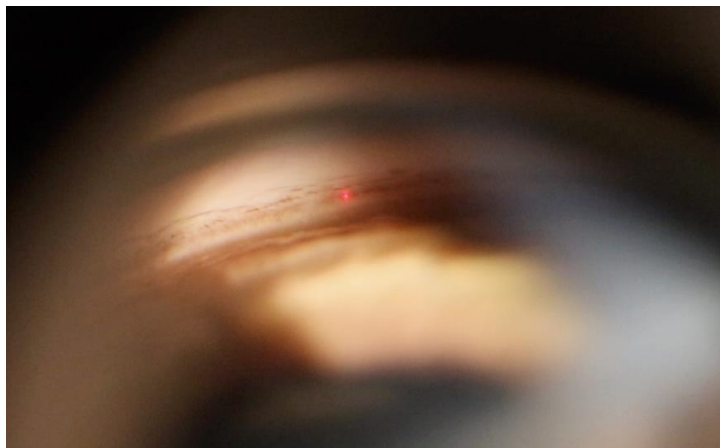


Рисунок 1. Фокусировка луча лазера на поверхность трабекулы на уровне проекции шлеммова канала при YAG- лазерной активации трабекулы

Figure 1. The focusing of laser beam on the meshwork surface at Schlemm's canal line during YAG-laser activation of trabecula

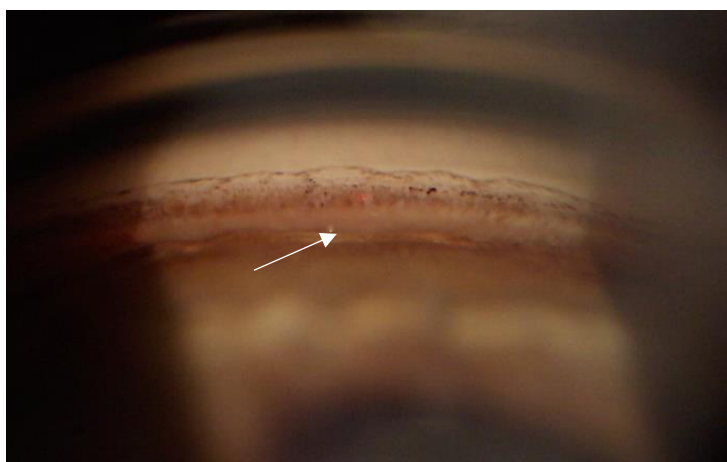


Рисунок 2. Мелкий пузырек (стрелка), образовавшийся в точке нанесения лазерного аппликата на поверхность трабекулярной сети в проекции шлеммова канала

Figure 2. A small bubble (pointer) formed at the point where the laser pulse is applied to the meshwork surface in the projection of Shlemm's canal

После завершения лазерного вмешательства двукратно инстиллировали антисептик – раствор пиклоксидина гидрохлорида 0,05%.

Через 30-60 минут после YAG-ЛАТ выполняли факоэмульсификацию с имплантацией ИОЛ. В качестве подготовки к ФЭ проводили премедикацию, акинезию век, инстилляцию раствора фенилэфрина 5% + тропикамида 0,8% для достижения мидриаза, дополнительную эпibuльбарную анестезию.

Факоэмульсификацию выполняли эндокапсулярно при герметичной передней камере с применением техники дробления ядра хрусталика

«Phaco chop» («фако-раскол») через роговичный самогерметизирующий тоннельный разрез шириной 2,0 мм с использованием прибора Centurion® Vision System (Alcon, США) и имплантировали заднекамерную гидрофобную ИОЛ на базе платформы AcrySof® (Alcon, США).

Пациентам контрольной группы проводили только ФЭ с имплантацией ИОЛ по вышеописанной технологии.

Стандартная противовоспалительная терапия в раннем послеоперационном периоде была назначена всем пациентам и включала инстилляцию: антибактериальных препаратов (1

неделя), нестероидных противовоспалительных средств (4 недели), глюкокортикостероидов (3 недели по убывающей схеме). Гипотензивная терапия оставалась прежней, а при реактивном подъеме ВГД была усилена с последующим снижением ее интенсивности.

Пациентам основной группы (10 глаз) проводилась лазерная фотометрия (тиндалеметрия) на этапах комбинированного лечения. Лазерная фотометрия, или тиндалеметрия, выполнялась с помощью аппарата FC-2000 (KOWA, Япония) (рисунок 3).



Рисунок 3. Лазерный измеритель потока и счетчик клеток влаги в передней камере глазного яблока FC-2000 (KOWA, Япония)

Figure 3. Laser flare cell meter FC-2000 (KOWA, Japan)

Принцип работы прибора основан на измерении интенсивности лазерного луча, отраженного от взвешенных во влаге передней камеры клеток и крупномолекулярных белков. В данном исследовании целью проведения лазерной тиндалеметрии была оценка степени опалесценции влаги передней камеры для исследования механизма действия и обоснования патогенетической направленности предложенного комбинированного вмешательства.

Статистическая обработка данных, полученных в ходе исследования, проводилась с помощью программ IBM SPSS Statistics 23 и Excel (Microsoft). Критерии Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка использовали для оценки нормальности распределения. При нормальном распределении данных показатели сравнивали с использованием t-критерия Стьюдента для парных и независимых выборок. В случае распределения данных, отличного от нормального, при сравнении независимых выборок использовался U-критерий Манна-Уитни, для повторных внутригрупповых сравнений – критерий Вилкоксона, Фридмана. Полученные количественные данные представлены в виде средних значений – M (Mean) и стандартного отклонения – σ (Standard Deviation) ($M \pm \sigma$). Статистически значимым считали уровень $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение.

Интраоперационных осложнений у пациентов обеих групп отмечено не было. В 1-е сутки после лечения реактивный подъем ВГД был отмечен в 8,3% случаев (3 глаза из 36) у пациентов основной группы (YAG-ЛАТ с ФЭ), и в 32,4% случаев (11 глаз из 34) – в контрольной группе (ФЭ). Для достижения нормализации офтальмотонуса гипотензивная терапия была усилена с последующим снижением ее интенсивности.

Через 1 месяц после лечения средний уровень ВГД по Маклакову у пациентов основной группы снизился на 23,5% (на $5,8 \pm 2,4$ мм рт.ст. от исходного значения) и составил $18,31 \pm 1,45$ мм рт.ст. Среднее количество применяемых пациентами гипотензивных средств оставалось прежним и было равно $1,53 \pm 0,65$. В контрольной группе также было отмечено снижение среднего уровня ВГД по Маклакову – на 14,8% от исходного (на $3,5 \pm 1,6$ мм рт.ст.), уровень офтальмотонуса в среднем был равен $19,53 \pm 1,67$ мм рт.ст. При этом среднее количество используемых гипотензивных препаратов увеличилось с $1,44 \pm 0,50$ до $1,53 \pm 0,51$. При сравнении показателей офтальмотонуса в основной и контрольной группах степень снижения ВГД по Маклакову после комбинированного лечения была достоверно выше ($p = 0,003$).

Через 6 месяцев наблюдения средний уровень ВГД по Маклакову в основной группе пациентов был равен $18,17 \pm 1,44$ мм рт.ст., в контрольной группе – $20,91 \pm 1,76$ мм рт.ст. ($p < 0,0001$). Так, снижение уровня ВГД от исходного уровня в основной группе в среднем составило 25,7% (на $5,94 \pm 2,45$ мм рт.ст.), в контрольной – 8,7% (на $2,12 \pm 2,0$ мм рт.ст.).

К 6 месяцам наблюдения среднее количество гипотензивных средств в основной группе пациентов составило $0,72 \pm 0,62$ (в 36,1% случаев нормализация офтальмотонуса достигнута без гипотензивной терапии); в контрольной группе – $1,79 \pm 0,59$ (все пациенты применяли гипотензивные препараты).

В отдаленном послеоперационном периоде (24 месяца) в основной группе средний уровень ВГД по Маклакову был равен $18,64 \pm 1,31$ мм рт.ст. – снизился в среднем на $5,21 \pm 2,44$ мм рт.ст. (21,1%) по сравнению с исходным значением. В контрольной группе пациентов через 24 месяца после лечения уровень ВГД по Маклакову в среднем был равен $21,36 \pm 1,91$ мм рт.ст. и достоверно не отличался от исходного уровня ($p = 0,234$).

Динамика состояния офтальмотонуса по Маклакову в различные сроки наблюдения у пациентов обеих групп представлена на рисунке 4.

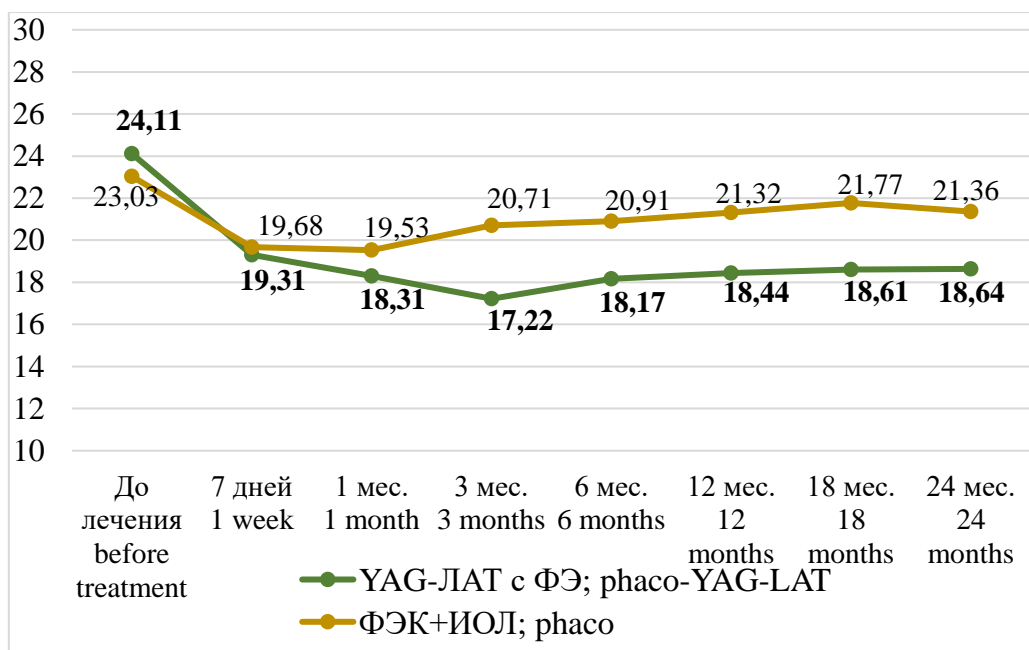


Рисунок 4. Средний уровень ВГД по Маклакову в различные сроки после лечения
 Figure 4. The mean IOP by Maklakov before and after treatment

Состояние гидродинамики глаза в послеоперационном периоде у пациентов обеих групп представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Состояние гидродинамики глаза до и после лечения у пациентов с ПОУГ и осложненной катарактой, (M±σ)

Table 1.

The status of ocular hydrodynamics before and after treatment in patients with primary open-angle glaucoma and coexisting cataract, (M±σ)

Показатели гидродинамик и глаза Data of ocular hydrodynamics	Группы Groups	До лечения Before treatment	После After treatment				
			1 мес. 1 month	6 мес. 6 months	12 мес. 12 months	18 мес. 18 months	24 мес. 24 months
P ₀ (мм рт. ст.) (mm Hg)	Основная Main group	20,95±2,9 8	14,70±1,44 * (n=36)	14,91±1,82 * (n=36)	14,85±1,36 * (n=36)	15,13±1,32 * (n=36)	15,21±1,45 * (n=28)
	Контроль Control group	20,50±3,0 1	16,58±1,62 * (n=34)	17,31±1,47 * (n=34)	17,54±1,50 * (n=34)	18,03±3,11 * (n=34)	17,52±1,83 * (n=25)
	p	p=0,668	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001

С (мм ³ /мин/ мм рт.ст.) (mm ³ /min/ mm Hg)	Основная Main group	0,10±0,02	0,23±0,04* (n=36)	0,24±0,05* (n=36)	0,23±0,05* (n=36)	0,22±0,04* (n=36)	0,20±0,03* (n=28)
	Контрольн я Control group	0,10±0,01	0,12±0,02* (n=34)	0,12±0,02* (n=34)	0,12±0,02 * (n=34)	0,11±0,02 (n=34)	0,10±0,02 (n=25)
	p	p=0,517	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
F (мм ³ /мин) (mm ³ /min)	Основная Main group	1,98±0,27	1,93±0,19 (n=36)	2,29±0,25* (n=36)	2,31±0,26* (n=36)	2,31±0,22* (n=36)	2,28±0,22* (n=28)
	Контрольн я Control group	1,92±0,23	1,85±0,20* (n=34)	1,89±0,19 (n=34)	1,89±0,20 (n=34)	1,88±0,19 (n=34)	1,92±0,21 (n=25)
	p	p=0,345	p=0,093	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
P ₀ /C	Основная Main group	211,9±64, 5	64,5±12,3* (n=36)	65,3±17,7* (n=36)	66,4±16,5* (n=36)	72,4±16,7* (n=36)	77,0±15,2* (n=28)
	Контрольн я Control group	203,0±41, 0	138,6±28,1 * (n=34)	143,6±27,2 * (n=34)	152,7±23,3 * (n=34)	181,0±53,5 (n=34)	177,3±29,2 (n=25)
	p	p=0,934	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001

Примечание:

* различия между показателями до лечения и после в различные сроки наблюдения внутри группы статистически достоверны

p - коэффициент достоверности различий между идентичными показателями в двух группах

В отдаленном послеоперационном периоде (24 месяца) показатели гидродинамики глаза у пациентов основной группы (YAG-ЛАЗ с ФЭ) достоверно отличались ($p<0,05$) от показателей пациентов контрольной группы (ФЭ), что свидетельствует о более выраженном гипотензивном эффекте комбинированного вмешательства по сравнению с проведением только ФЭ. Снижение ВГД после комбинированного лечения происходило на фоне увеличения коэффициента легкости оттока ВГЖ (С), что подтверждает патогенетическую направленность данного вмешательства (табл.1). Так, через 24 месяца после лечения коэффициент легкости

оттока (С) в основной группе в среднем был равен $0,20±0,03$ мм³/мин/мм рт.ст. (увеличился в 2 раза в сравнении с исходным значением), в контрольной группе составил $0,10±0,02$ мм³/мин/мм рт.ст. (практически не изменился).

Важно отметить, что в основной группе пациентов после лечения нормализация офтальмотонуса была достигнута при уменьшении количества применяемых гипотензивных препаратов ($p<0,05$), а в контрольной группе, напротив, – в течение периода наблюдения количество гипотензивных средств, необходимых для нормализации офтальмотонуса, достоверно увеличилось ($p<0,05$) (таблица 2).

Таблица 2.

Среднее количество используемых пациентами гипотензивных средств в различные сроки наблюдения (M±σ)

Table 2.

The mean number of medications before and after treatment (M±σ)

Срок наблюдения Follow-up period	Основная группа (YAG-ЛАЗ с ФЭ) Main group (phaco-YAG- LAT)	Контрольная группа (ФЭ) Control group (phaco)	Достоверность различий между группами (p ₂)
До лечения Before treatment	1,53±0,65 (n=36)	1,44±0,50 (n=34)	p ₂ =0,742
1 месяц 1 month	1,53±0,65 (n=36)	1,53±0,51 (n=34) p ₁ =0,083	p ₂ =0,739
3 месяца 3 months	0,94±0,72 (n=36) p ₁ <0,0001	1,71±0,58 (n=34) p ₁ =0,007	p₂<0,0001
6 месяцев 6 months	0,72±0,62 (n=36) p ₁ <0,0001	1,79±0,59 (n=34) p ₁ =0,001	p₂<0,0001

12 месяцев 12 months	0,64±0,60 (n=36) p ₁ <0,0001	1,85±0,44 (n=34) p ₁ <0,0001	p₂<0,0001
18 месяцев 18 months	0,67±0,63 (n=36) p ₁ <0,0001	1,94±0,34 (n=34) p ₁ <0,0001	p₂<0,0001
24 месяца 24 months	0,64±0,56 (n=28) p ₁ <0,0001	1,92±0,28 (n=25) p ₁ =0,001	p₂<0,0001

Примечание:

p₁ – коэффициент достоверности различий между показателями до лечения и после в различные сроки наблюдения внутри группы

p₂ – коэффициент достоверности различий между идентичными показателями в двух группах

Лазерная фотометрия проводилась 10-ти пациентам (10 глаз) на этапах комбинированного лечения: непосредственно перед лечением, сразу после первого этапа – YAG-лазерной активации трабекулы, и непосредственно после второго этапа комбинированного лечения – факоэмульсификации.

Как известно, в настоящее время лазерная фотометрия, или тиндалеметрия, является практически единственным объективным количественным методом определения количества белка и клеток во влаге передней камеры [18, 19, 20, 21, 22, 23].

Лазерная фотометрия часто применяется для оценки активности и степени выраженности воспалительной реакции глаза в раннем послеоперационном периоде при различных офтальмологических манипуляциях [18]. В зарубежной практике лазерная фотометрия также проводится для диагностики воспалительных заболеваний и для динамического наблюдения за пациентами с передними увеитами [19, 24, 25].

Данные, полученные в результате лазерной фотометрии, представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Среднее значение опалесценции, фотон/мс, n=10, (M±σ)

Table 3.

The mean opalescence value, photon/msec, n=10, (M±σ)

До лечения Before treatment	9,1±2,8	
После первого этапа – YAG-ЛАТ After the first stage – YAG-LAT	26,7±4,1	p<0,0001
После второго этапа – ФЭ After the second stage – phacoemulsification	10,0±2,5	p<0,001

Согласно полученным данным, непосредственно после YAG-лазерной активации трабекулы среднее значение опалесценции увеличилось практически в 3 раза в сравнении с исходным (p<0,0001), что может свидетельствовать о значительном увеличении количества взвешенных во влаге передней камеры клеток и фрагментов различных отложений в результате лазерного вмешательства. При последующем проведении лазерной фотометрии – после второго этапа лечения (ФЭ) – отмечено снижение среднего значения опалесценции практически до исходного (p<0,001). Это можно объяснить тем, что во время проведения факоэмульсификации происходит удаление из влаги передней камеры глаза взвеси, образовавшейся в результате YAG-лазерной активации трабекулы. Полученные результаты исследований объясняют механизм действия и подтверждают патогенетическую направленность разработанной технологии комбинированного лечения.

В результате YAG-лазерной активации трабекулы осуществляется очищение и активация трабекулярных структур, происходит расширение

межтрабекулярных щелей, что способствует восстановлению оттока камерной влаги по естественным путям оттока [13].

Гипотензивный эффект ФЭ, по данным научной литературы, обусловлен прежде всего изменением топографии структур передней камеры, а именно, расширением УПК, увеличением глубины ПК, натяжением волокон цинновой связки и снижением ригидности роговицы [26, 27, 28]. Однако существуют также мнения, что во время факоэмульсификации ультразвуком могут быть индуцированы биохимические изменения в клетках трабекулярной сети, в результате расслабления передних волокон цилиарных мышц происходит изменение структуры трабекулярной сети, усиливается увеосклеральный отток ВГЖ [29, 30, 31].

Таким образом, при комбинированном вмешательстве (YAG-ЛАТ с ФЭ) осуществляется взаимодополняющее воздействие этапов лечения на гидродинамику глаза, которое обеспечивает усиление оттока внутриглазной жидкости и приводит к снижению офтальмотонуса.

Заключение. Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод, что YAG-лазерная активация трабекулы в сочетании с факоэмульсификацией, является безопасной технологией, обладает высокой гипотензивной эффективностью в лечении начальных стадий ПООГ в сочетании с осложненной катарактой.

Разработанная технология комбинированного лечения пациентов с начальной и развитой стадиями ПООГ и осложненной катарактой позволяет достигнуть нормализации ВГД за счет усиления оттока камерной влаги и имеет патогенетическую направленность.

Список литературы:

1. Bourne RRA, Flaxman SR, Braithwaite T, et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health* 2017; 5:e888–e897.
2. Kapetanakis VV, Chan MP, Cook DG, Owen CG, Rudnicka AR (2016) Global variations and time trends in the prevalence of primary open angle glaucoma (POAG): a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol* 100(1):86–93. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-307223>
3. Taylor, Hugh R. AC MD Global Blindness: The Progress We Are Making and Still Need to Make, *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*: November-December 2019 - Volume 8 - Issue 6 - p 424-428 doi: 10.1097/APO.0000000000000264
4. Merkur, A. Intraocular pressure decrease after phacoemulsification in patients with pseudoexfoliation syndrome / A. Merkur, K.F. Damji, G. Mintsoulis, W.G. Hodge // *J. Cataract Refract Surg.* – 2001. – Vol. 27, №4. – P. 528-532.
5. Chang, T.C. Long-term effect of phacoemulsification on intraocular pressure using phakic fellow eye as control / T.C. Chang, D.L. Budenz, A. Liu et al. // *J. Cataract Refract Surg.* – 2012. – Vol. 38, № 5. – P. 866-870.
6. Яшина, В.Н. Инновационные технологии при комбинированной хирургии глаукомы и осложненной катаракты / В.Н. Яшина, Т.В. Соколовская // *Национальный журнал глаукома.* – 2019. – №18 (1). – С. 73-84.
7. Соколовская, Т.В. Состояние гидродинамики глаза после комбинированного лечения первичной открытоугольной глаукомы и осложненной катаракты / Т.В. Соколовская, П.Л. Володин, В.Н. Яшина, В.В. Тепловодская // *Acta Biomedica Scientifica.* – 2019. – № 4 (4). – С. 129-133.
8. De Gregorio A, Pedrotti E, Russo L, Morselli S. Minimally invasive combined glaucoma and cataract surgery: clinical results of the smallest ab interno gel stent. *Int Ophthalmol.* 2018; 38(3): 1129-1134. doi: 10.1007/s10792-017-0571-x
9. Bartelt-Hofer, J., Flessa, S. Comparative efficacy and cost-utility of combined cataract and minimally invasive glaucoma surgery in primary open-angle glaucoma. *Int Ophthalmol* (2020). <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01314-7>
10. Marchini G, Ceruti P, Vizzari G, Berzaghi D, Zampieri A. Management of concomitant cataract and glaucoma. *Dev Ophthalmol.* 2017; 59:155-164. doi.org/10.1159/000458494.
11. Манцева Я.Ю., Астахов С.Ю. Современные возможности хирургического лечения больных с сочетанием открытоугольной глаукомы и катаракты. *Современные технологии в медицине.* 2014; 6(1): 47-53. [Mantseva JY, Astakhov SY. Modern capabilities of surgical management of patients with open-angle glaucoma combined with cataract. *Sovremennye tehnologii v medicine.* 2014; 6(1): 47-53. (In Russ.)].
12. Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А., Кочеткова Ю.А. Лазерная активация трабекулы в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой. *Офтальмохирургия.* 2015(1): 27-31. [Sokolovskaya TV, Doga AV, Magaramov DA, Kochetkova YA. Laser activation of trabeculae for the treatment of patients with primary open-angle glaucoma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2015; 1:27-31. (In Russ.)].
13. Патент РФ на изобретение №2281743 / 20.08.2006. Бюл. №23. Магарамов Д.А., Дога А.В. Способ лазерной активации трабекулы для лечения первичной открытоугольной глаукомы. Доступно по ссылке: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. [Patent RUS №2281743 / 20.08.2006. Byul. № 23. Magaramov DA, Doga AV. Method of laser activation of trabecula for the treatment of primary open-angle glaucoma. Available from: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (In Russ.)].
14. Патент РФ на изобретение №2689015 / 23.05.2019. Бюл. №15. Соколовская Т.В., Малюгин Б.Э., Магарамов Д.А., Яшина В.Н. Комбинированный способ лечения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой. Доступно по ссылке: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet [Patent RUS №2689015 / 23.05.2019. Byul.15. Sokolovskaya TV, Malyugin BE, Magaramov DA, Yashina VN. Combined method of treatment of patients with primary open-angle glaucoma and complicated cataract. Available from: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (In Russ.)].
15. Нестеров А. П. Глаукома. М.: МИА; 2008: 360. [Nesterov AP. Glaucoma. M.: MIA; 2008: 360].
16. Ерошевская Е.Б. Интраокулярная коррекция афакии у больных первичной открытоугольной глаукомой: автореф. дис. ... докт. мед. наук / Е.Б. Ерошевская. – Самара, 1997. [Eroshevskaya EB. Intraocular correction of aphakia in patients with primary open-angle glaucoma: avtoref. dis. ... Med.Sc.D. / EB Eroshevskaya. - Samara, 1997].
17. Buratto L. Cataract Surgery: Переход от экстракапсулярной экстракции катаракты к факоэмульсификации / Пер. с англ. – СПб., 1999. – 474 с. [Buratto L. Cataract Surgery: passage from extracapsular cataract extraction to phacoemulsification. 1999: 474].

18. De Maria M., Iannetta D., Cimino L., Coassin M., Fontana L. Measuring anterior chamber inflammation after cataract surgery: a review of the literature focusing on the correlation with cystoid macular edema. *Clin Ophthalmol.* 2020; 14:41-52. doi: 10.2147/OPTH.S237405.
19. Liu X., McNally T.W., Beese S., Downie L.E., Solebo A.L., Faes L., Husain S., Keane P.A., Moore D.J., Denniston A.K. Non-invasive Instrument-Based Tests for Quantifying Anterior Chamber Flare in Uveitis: A Systematic Review. *Ocul Immunol Inflamm.* 2020; 7:1-9. doi: 10.1080/09273948.2019.1709650.
20. Астахов, Ю.С. Значение лазерной фотометрии в клинической практике / Ю.С. Астахов, Т.И. Кузнецова // *Офтальмологические ведомости.* – 2016. – Т.9, №2. – С. 36-44.
21. Guney, E. Symptoms and signs of anterior uveitis / E. Guney, I. Tugal-Tutkun // *US Ophthalmic Review.* – 2013. – Vol.6, №1. – P.33-37.
22. Ladas, J.G. Laser flare-cell photometry: methodology and clinical applications / J.G. Ladas, N.C. Wheeler, P.J. Morhun et al. // *Surv Ophthalmol.* – 2005. – №50. – P.27-47.
23. Tugal-Tutkun, I. Laser flare photometry: a noninvasive, objective, and quantitative method to measure intraocular inflammation / I. Tugal-Tutkun, C.P. Herbort // *Int Ophthalmol.* – 2010. – №30. – P.453-464.
24. Wakefield, D. Controversies in ocular inflammation and immunology laser flare photometry / D. Wakefield, C.P. Herbort, I. Tugal-Tutkun, M. Zierhut // *Ocul Immunol Inflamm.* – 2010. – №18. – P.334-340.
25. Işık M.U., Yalcındag N. Comparison of Spectral Domain Optical Coherence Tomography (SD OCT) Findings with Laser Flare Photometry (LFP) Measurements in Behçet's Uveitis. *Ocul Immunol Inflamm.* 2020; 28(2):194-199. doi: 10.1080/09273948.2018.1552976.
26. Малюгин Б.Э. Медико-технологическая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы: Автореф. дис. д-ра мед. наук. М., 2002. – С. 298.
27. Huang, G. Association of biometric factors with anterior chamber angle widening and intraocular pressure reduction after uneventful phacoemulsification for cataract / G. Huang, E. Gonzalez, R. Lee et. al. // *J Cataract Refract Surg.* – 2012. – Vol. 38, № 1. – P.108-116.
28. Yang, H.S. Ocular biometric parameters associated with intraocular pressure reduction after cataract surgery in normal eyes / H.S. Yang, J. Lee, S. Choi // *Am J Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 156, №1. – P.89-94.
29. Berdahl, J.P. Cataract surgery to lower intraocular pressure / J.P. Berdahl // *Middle East Afr J Ophthalmol.* – 2009. – №.16. – P.119-122.
30. Wang, N. Ultrasound activates the TM ELAM-1/IL-1/NF-κB response: a potential mechanism for intraocular pressure reduction after phacoemulsification / N. Wang, S.K. Chintala, M.E. Fini, J.S. Schuman // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2003. – №44. – P.1977-1981.
31. Калижникова, Е.А. Активация увеосклерального оттока при факоэмульсификации катаракты у пациентов с первичной глаукомой / Е.А. Калижникова, О.И. Лебедев, Г.М. Козаченко и др. // *Новости глаукомы.* – 2016. – Т.37, №1. – С.104.