

# Анализ биометрических данных для расчета ИОЛ после микроимпульсной циклофотокоагуляции при двухэтапной хирургии глаукомы и катаракты

Иошин И.Э., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии<sup>1</sup>; <https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

БЕРЕЗЕНКО Е.А., врач-офтальмолог, соискатель кафедры офтальмологии<sup>1</sup>;  
<https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

МАКСИМОВ И.В., к.м.н., врач-офтальмолог<sup>2</sup>. <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

<sup>1</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, 125993, Российская Федерация, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1;

<sup>2</sup>ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации, 107143, Российская Федерация, Москва, Открытое шоссе, квартал 40.

**Финансирование:** авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Для цитирования:** Иошин И.Э., Березенко Е.А., Максимов И.В. Анализ биометрических данных для расчета ИОЛ после микроимпульсной циклофотокоагуляции при двухэтапной хирургии глаукомы и катаракты.

Национальный журнал глаукома. 2026; 25(1):46-54.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Оценка биометрических показателей до и после микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК) как антиглаукомного вмешательства для определения перспективы ее применения при двухэтапной тактике лечения глаукомы и катаракты.

**МЕТОДЫ.** Выполнена мЦФК 46 пациентам (46 глаз) с развитой и далекозашедшей стадией первичной открытоугольной глаукомы, из которых у 6 в анамнезе были хирургические антиглаукомные операции проникающего и непроникающего типа.

Пациенты разделены на две группы по стадиям глаукомы. В первую группу вошли 20 пациентов (20 глаз) с развитой стадией, во вторую группу 26 пациентов (26 глаз) с далекозашедшей стадией. Для оценки биометрических показателей (передне-задняя ось (ПЗО), глубина передней камеры, кератометрические показатели) использовали бесконтактный оптический биометр IOL Master 500 (Zeiss AG, Германия). Для оценки динамики биометрических показателей измерения проводили до, через 2 и 4 недели после мЦФК.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Гипотензивный эффект был достигнут во всех случаях с первого дня после мЦФК и составил в среднем  $14,0 \pm 0,48$  мм рт.ст. в первой группе,

$15,1 \pm 0,59$  мм рт.ст. во второй группе. Результаты измерений ПЗО через 2 и 4 недели после мЦФК не выявили изменений. Средние значения в первой группе составили  $23,2 \pm 1,23$  мм, во второй —  $23,6 \pm 1,31$  мм ( $p > 0,05$ ).

При исследовании глубины передней камеры тенденции к измельчению или углублению не наблюдалось. Среднее значение в первой группе через 2 недели составило  $3,03 \pm 0,22$  мм, через 4 недели —  $3,03 \pm 0,22$  мм. Во второй группе через 2 недели результат составил  $2,98 \pm 0,36$  мм, через 4 недели —  $2,98 \pm 0,36$  мм. Преломляющая сила сильного и слабого меридианов роговицы, а также ось сильного меридиана не изменились во всех исследуемых группах ( $p > 0,05$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** мЦФК обладает выраженным гипотензивным эффектом при минимальном воздействии на биометрические параметры глазного яблока. Стабильность биометрических показателей исключает необходимость повторной биометрии и пересмотра расчётов интраокулярной линзы после мЦФК, что повышает эффективность хирургического лечения пациентов с глаукомой и катарактой.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** мЦФК, биометрия, расчет ИОЛ, глаукома.

## Для контактов:

Березенко Елена Александровна, e-mail: [elenamolchanova@inbox.ru](mailto:elenamolchanova@inbox.ru)

## ORIGINAL ARTICLE

# Analysis of biometric data for IOL power calculation after micropulse cyclophotocoagulation in two-stage glaucoma and cataract surgery

**IOSHIN I.E.**, Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology<sup>1</sup>;  
<https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

**BEREZENKO E.A.**, ophthalmologist, degree seeking student at the Academic Department of Ophthalmology<sup>1</sup>;  
<https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

**MAXIMOV I.V.**, Cand. Sci. (Med.), ophthalmologist<sup>2</sup>. <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

<sup>1</sup>Russian Medical Academy of Continuing Professional Education,  
 2/1 Barrikadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993;

<sup>2</sup>Clinical Hospital of the Administration of the President of the Russian Federation,  
 block 40, Otkrytoe Hwy., Moscow, Russian Federation, 107143.

**Funding:** the authors received no specific funding for this work.

**Conflicts of Interest:** none declared.

**For citations:** Ioshin I.E., Berezenko E.A., Maksimov I.V. Analysis of biometric data for IOL power calculation after micropulse cyclophotocoagulation in two-stage glaucoma and cataract surgery. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2026; 25(1):46-54.

## Abstract

**PURPOSE.** To evaluate biometric parameters before and after micropulse cyclophotocoagulation (MP-CPC) used as an anti-glaucoma intervention in order to assess its feasibility within a two-stage treatment strategy for glaucoma and cataract.

**METHODS.** Micropulse cyclophotocoagulation was performed in 46 patients (46 eyes) with moderate and advanced primary open-angle glaucoma, among them six patients had a history of previous penetrating or non-penetrating anti-glaucoma surgery.

Patients were divided into two groups according to glaucoma stage: group 1 included 20 patients (20 eyes) with moderate glaucoma, and group 2 included 26 patients (26 eyes) with advanced glaucoma. Biometric parameters — axial length (AL), anterior chamber depth (ACD), and keratometric values — were measured using a non-contact optical biometer (IOLMaster 500, Zeiss AG, Germany). Measurements were obtained preoperatively and at 2 and 4 weeks after MP-CPC to assess changes over time.

**RESULTS.** The hypotensive effect was achieved in all cases from the first day after MP-CPC and averaged

14.0±0.48 mm Hg in group 1 and 15.1±0.59 mm Hg in group 2. Axial length measurements obtained at 2 and 4 weeks after MP-CPC showed no significant changes. Mean AL values were 23.2±1.23 mm in group 1 and 23.6±1.31 mm in group 2 ( $p>0.05$ ).

No tendency toward shallowing or deepening of the anterior chamber was observed. In group 1, mean ACD values were 3.03±0.22 mm at both 2 and 4 weeks. In group 2, mean ACD values were 2.98±0.36 mm at both time points. The refractive power of the steep and flat corneal meridians, as well as the axis of the steep meridian, remained unchanged in all study groups ( $p>0.05$ ).

**CONCLUSION.** MP-CPC provides a pronounced hypotensive effect while exerting minimal influence on ocular biometric parameters. The stability of biometric measurements eliminates the need for repeat biometry or revision of intraocular lens power calculations after MP-CPC, thereby improving the efficiency of surgical management in patients with concomitant glaucoma and cataract.

**KEYWORDS:** micropulse cyclophotocoagulation, biometry, intraocular lens calculation, glaucoma.

**А**ктуальность проблемы хирургии катаракты при сопутствующей открытоугольной глаукоме обусловлена частым сочетанием данных патологий [1–4]. Также отмечено более быстрое прогрессирование катаракты у больных с глаукомой [5–7].

За последние годы были предложены различные методики одновременного или последовательного хирургического лечения этой комбинации, однако,

они не лишены риска осложнений, что приводит к поиску новых более эффективных и безопасных вариантов лечения [8–12].

Достижение запланированного рефракционного результата после фактоэмульсификации (ФЭ) — одна из приоритетных задач. По данным ряда авторов, основной причиной погрешности расчета интраокулярной линзы (ИОЛ) является неверная оценка эффективного положения линзы, которая

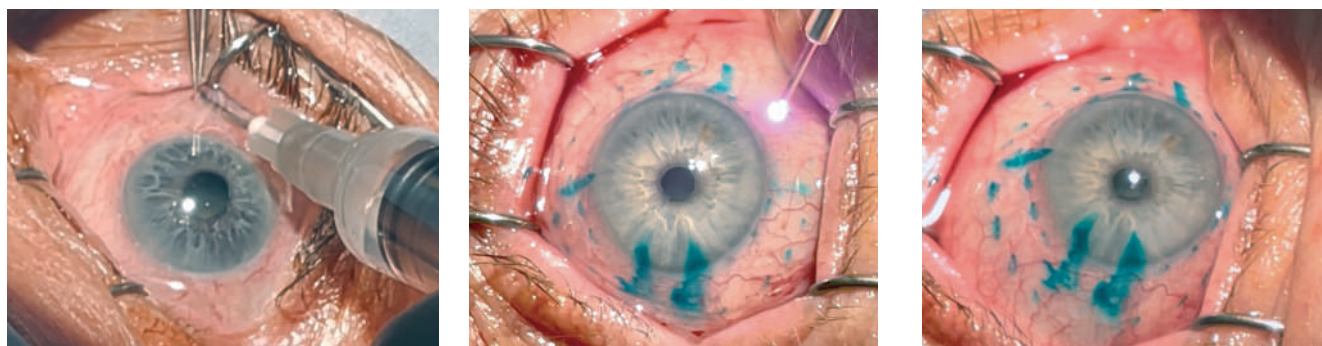


Рис. 1. Этапы выполнения мЦФК.

Fig. 1. Stages of MP-CPC.

Таблица 1. Предоперационные показатели пациентов с глаукомой (n=46).

Table 1. Preoperative characteristics of patients with glaucoma (n=46).

| Группы<br>Groups          | Возраст<br>Age | МКОЗ<br>BCVA | ВГД (Pt), мм рт. ст.<br>IOP (Pt), mm Hg | Число гипотензивных препаратов<br>Number of hypotensive drugs |
|---------------------------|----------------|--------------|---|---|
| Первая / First<br>(n=20)  | 56,4±8,6       | 0,54±0,11    | 32,0±8,7                                | 3,0±0,3   |
| Вторая / Second<br>(n=26) | 58,3±7,2       | 0,37±0,12    | 28,3±7,6                                | 3,25±0,4  |

Таблица 2. Динамика ВГД (Pt) после мЦФК (n=46).

Table 2. Changes in intraocular pressure (Pt) after MP-CPC (n=46).

| Группы<br>Groups          | Исходное ВГД (Pt)<br>Initial IOP (Pt)   | Динамика ВГД после операции / Changes in IOP after surgery |  |  |  |
|---------------------------|---|--|--|--|--|
|                           |   | 1 день<br>1 day  | 1 неделя<br>1 week                     | 2 недели<br>2 weeks                    | 1 месяц<br>1 month                     |
| Первая / First<br>(n=20)  | 32,0±8,7<br>(от 22 до 40)<br>(22 to 40) | 14,0±0,48<br>(от 8 до 16)<br>(8 to 16)                     | 14,6±0,68<br>(от 8 до 23)<br>(8 to 23) | 14,7±0,34<br>(от 9 до 22)<br>(9 to 22) | 14,6±0,66<br>(от 8 до 23)<br>(8 to 23) |
| Вторая / Second<br>(n=26) | 28,3±7,6<br>(от 21 до 41)<br>(21 to 41) | 15,1±0,59<br>(от 7 до 22)<br>(7 to 22)                     | 15,8±0,74<br>(от 7 до 20)<br>(7 to 20) | 16,1±0,37<br>(от 9 до 22)<br>(9 to 22) | 15,7±0,7<br>(от 7 до 20)<br>(7 to 20)  |

зависит от переднезадней оси глаза (ПЗО), глубины передней камеры (ГПК) и кератометрических показателей [13–16]. В случае сочетания глаукомы и катаракты проблема приобретает особую актуальность. Большинство традиционных антиглаукомных операций (АГО) (синустрабекулэктомия (СТЭ), непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ) и др.) существенно влияют на перечисленные анатомические параметры, что требует либо дополнительной биометрии для расчета ИОЛ между операциями при двухэтапной тактике, либо коррекции расчета при одновременной хирургии глаукомы и катаракты [17].

Рядом авторов доказано отсутствие признаков коагуляционного некроза в цилиарном теле во время микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК) при соблюдении рекомендуемых экспер-

тами энергетических параметров (общая энергия, поток энергии), что обосновывает высокую эффективность и безопасность нового метода с низким риском послеоперационных осложнений [18–20]. Данная особенность мЦФК выдвигает метод как перспективный в качестве первого этапа двухэтапной реабилитации пациентов с сочетанием некомпенсированной глаукомы и катаракты.

Однако, помимо прямого воздействия на цилиарное тело, мЦФК, подобно традиционному АГО, потенциально может оказывать опосредованное влияние на анатомические структуры глаза, использующиеся в расчете оптической силы ИОЛ для последующей хирургии катаракты. В литературе нет данных о динамике биометрических показателей, таких как ГПК, ПЗО и кератометрия после мЦФК.

Таблица 3. Динамика ПЗО до и после мЦФК (n=46).  
Table 3. Changes in axial length before and after MP-CPC (n=46).

| Группы<br>Groups          | Сроки обследования / Follow-up times |                             |                             |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                           | До операции<br>Before surgery        | 2 недели<br>2 weeks post-op | 4 недели<br>4 weeks post-op |
| Первая / First<br>(n=20)  | 23,2±1,24                            | 23,3±1,23*                  | 23,2±1,23*                  |
| Вторая / Second<br>(n=26) | 23,6±1,32                            | 23,6±1,31*                  | 23,6±1,31*                  |

**Примечание:** \* — статистически достоверных различий между показателями в разные сроки наблюдений не выявлено.

**Note:** \* — no statistically significant differences between the parameters were identified at different follow-up time points.

Цель исследования — оценка биометрических показателей до и после мЦФК как антиглаукомного вмешательства для определения перспективы ее применения при двухэтапной тактике лечения глаукомы и катаракты.

## Материал и методы

В исследование было включено 46 пациентов (46 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), которым предполагалось выполнение мЦФК. Все пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от стадии заболевания. В первую группу вошло 20 больных (20 глаз) с развитой стадией, во вторую — 26 больных (26 глаз) с далекозашедшей стадией заболевания.

При измерении кератометрических показателей отдельно были выделены пациенты (6 пациентов, 6 глаз), у которых в анамнезе ранее перенесенные АГО проникающего и непроникающего типа. Средний возраст на момент проведения мЦФК составлял  $56,4 \pm 8,6$  года.

До и после мЦФК всем пациентам проводили офтальмологическое обследование, включавшее визометрию, тонометрию по Маклакову и биомикроскопию (табл. 1). Для оценки биометрических показателей (ПЗО, ГПК, кератометрические показатели) проводили биометрию с помощью бесконтактного оптического биометра IOL Master 500 (Zeiss AG, Германия).

В процессе исследования световые условия были тождественны. Один исследователь получал все изображения и проводил измерения. При этом до операции и в сроки наблюдения при измерении для анализа выбиралась наименьшая величина.

Всем пациентам была выполнена микроимпульсная циклофотокоагуляция с применением прибора SUPRA 810 (Quantel Medical, Франция) по модифицированной технологии (патент на изобретение 2780277 С1, 21.09.2022). Используются следующие параметры лазера: мощность  $W=2000$  мВт, скважность 31,3%, время воздействия

на 4 квадранта — 200 сек, энергия  $E=125$  Дж, экспозиция на квадрант — 10 сек на каждый проход, количество проходов — 5, плотность потока энергии —  $F(\text{fluence})=121,8$  Дж/см<sup>2</sup>. Применяемая лазерная энергия находилась в диапазоне безопасных и эффективных значений. Операция выполнялась под субтеноновой анестезией, по четырем квадрантам, зоны 3 и 9 часов исключались (рис. 1). Осложнений во время операций не отмечено.

Для оценки успеха лазерного лечения были определены следующие параметры: снижение ВГД менее 21 мм рт.ст., отсутствие послеоперационных осложнений и необходимости применения дополнительных препаратов [7].

При статистической обработке результатов вычисляли среднее арифметическое значение (M), среднее арифметическое отклонение. Различия оценивали с помощью критерия Стьюдента, достоверными считались результаты при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Протокол наблюдения за пациентами включал осмотр и обследования на первый день, через 1, 2 и 4 недели после мЦФК. Для оценки динамики биометрических показателей измерения проводили до и через 2 и 4 недели после мЦФК.

Гипотензивный эффект был достигнут во всех случаях с первого дня после мЦФК и составил в среднем  $14,0 \pm 0,48$  мм.рт.ст. в первой группе и  $15,1 \pm 0,59$  мм.рт.ст. во второй группе (табл. 2). Компенсация ВГД на прежнем гипотензивном режиме сохранялась в течении всего срока наблюдения.

За весь период наблюдения острота зрения в первой и во второй группе оставалась стабильной. В первой группе она составила  $0,54 \pm 0,11$ , во второй —  $0,37 \pm 0,12$ .

Результаты измерений ПЗО в сроке наблюдения 2 и 4 недель после мЦФК не выявили изменений (табл. 3). Средние значения в первой группе составили  $23,2 \pm 1,23$  мм, во второй —  $23,6 \pm 1,31$  мм ( $p > 0,05$ ).

Таблица 4. Динамика ГПК до и после мЦФК (n=46).

Table 4. Changes in anterior chamber depth before and after MP-CPC (n=46).

| Группы<br>Groups          | Сроки обследования / Follow-up times |                             |                             |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                           | До операции<br>Before surgery        | 2 недели<br>2 weeks post-op | 4 недели<br>4 weeks post-op |
| Первая / First<br>(n=20)  | 3,02±0,24                            | 3,03±0,22*                  | 3,03±0,22*                  |
| Вторая / Second<br>(n=26) | 2,97±0,36                            | 2,98±0,36*                  | 2,98±0,36*                  |

**Примечание:** \* — статистически достоверных различий между показателями в разные сроки наблюдений не выявлено.

**Note:** \* — no statistically significant differences between the parameters were identified at different follow-up time points.

Таблица 5. Динамика кератометрических показателей до и после мЦФК (n=46).

Table 5. Changes in keratometric parameters before and after MP-CPC (n=46).

| Группы<br>Groups   | Сроки обследования / Follow-up times |                             |                             |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  | До операции<br>Before surgery        | 2 недели<br>2 weeks post-op | 4 недели<br>4 weeks post-op |
| <b>Первая группа / Group 1 (n=20)</b>                            |                                      |                             |                             |
| Сильный меридиан / Steep meridian                                | 44,00±1,01                           | 44,17±0,67*                 | 44,15±0,46*                 |
| Слабый меридиан / Flat meridian                                  | 43,69±0,93                           | 43,54±0,93*                 | 43,52±0,98*                 |
| Ось сильного меридиана<br>Axis of the steep meridian             | 80,64±54,86                          | 81,28±52,69*                | 80,66±54,84*                |
| Роговичный астигматизм<br>Corneal astigmatism                    | -0,59±0,31                           | -0,66±0,27*                 | -0,66±0,29*                 |
| <b>Вторая группа / Group 2 (n=20)</b>                            |                                      |                             |                             |
| Сильный меридиан / Steep meridian                                | 44,02±1,01                           | 44,12±0,86*                 | 44,10±0,82*                 |
| Слабый меридиан / Flat meridian                                  | 43,41±1                              | 43,41±0,82*                 | 43,38±0,86*                 |
| Ось сильного меридиана<br>Axis of the steep meridian             | 81±52,88                             | 81,6±50,78*                 | 81,6±50,63*                 |
| Роговичный астигматизм<br>Corneal astigmatism                    | -0,63±0,35                           | -0,65±0,26*                 | -0,65±0,26*                 |
| <b>Ранее выполненные АГО / Previous glaucoma surgeries (n=6)</b> |                                      |                             |                             |
| Сильный меридиан / Steep meridian                                | 45,37±0,56                           | 45,50±0,62*                 | 45,37±0,53*                 |
| Слабый меридиан / Flat meridian                                  | 43,12±0,27                           | 43,62±0,31*                 | 43,25±0,32*                 |
| Ось сильного меридиана<br>Axis of the steep meridian             | 71,4±91,5                            | 72±90,5*                    | 71,2±90,8*                  |
| Роговичный астигматизм<br>Corneal astigmatism                    | -1,25±1,46                           | -1,5±1,88*                  | -1,5±1,33*                  |

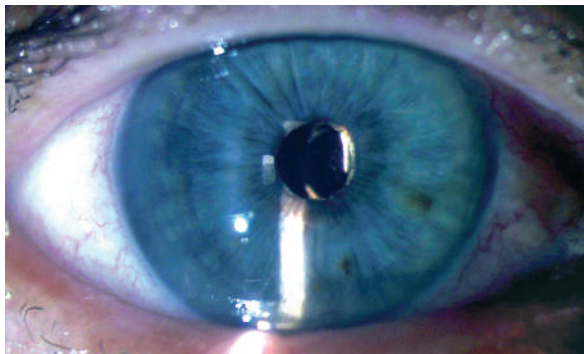
**Примечание:** \* — статистически достоверных различий между показателями в разные сроки наблюдений не выявлено.

**Note:** \* — no statistically significant differences between the parameters were identified at different follow-up time points.

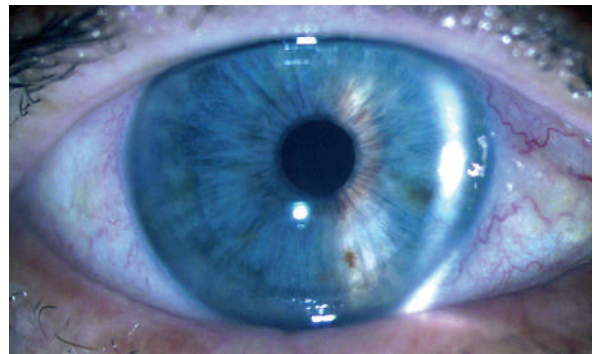
Динамика ГПК после мЦФК представлена в табл. 4. При исследовании ГПК тенденции к измельчению или углублению не наблюдалось.

Измерения средних параметров кератометрических показателей и роговичного астигматизма представлены в табл. 5. Помимо разделения

пациентов по стадиям ПОУГ, отдельно выделена группа пациентов с ранее выполненными АГО. Статистически достоверной разницы между двумя группами за весь период наблюдения не выявлено ( $p>0,05$ ), получаемые показатели соответствуют дооперационным значениям.



**Рис. 2.** Фото на 1 сутки после ФЭ.  
**Fig. 2.** Photo taken on postoperative day 1 after PE.



Во всех исследуемых группах ось сильного меридиана не изменилась ( $p > 0,05$ ), также не наблюдалось достоверного увеличения уровня роговичного астигматизма ( $p > 0,05$ ).

Всем пациентам через месяц после наблюдения была выполнена ФЭ. Операцию проводили с использованием микрохирургической системы Infinity («Alcon», США) по стандартной методике с имплантацией интраокулярной монофокальной линзы. Оптическую силу ИОЛ рассчитывали на эмметропию с использованием формулы (Holladay 2, Haigis, Hoffer Q и SRK/T), основываясь на предварительно проведённых биометрических данных. Во всех случаях была достигнута целевая рефракция.

Во время операции и послеоперационном периоде осложнений не отмечалось (рис. 2). У пациентов обеих групп наблюдали достоверное улучшение остроты зрения через 1 неделю и 1 месяц после ФЭ ( $p < 0,01$ ; табл. 6). Во всех случаях была достигнута запланированная рефракция. Достигнутый функциональный результат позволил существенно повысить качество жизни пациентов.

### Обсуждение

Наиболее распространенными АГО на сегодняшний день считаются различные модификации проникающей и непроникающей хирургии (синустрабекулэктомия, непроникающая глубокая склерэктомия, дренажная хирургия). Сохраняется определенный баланс между гипотензивным эффектом и частотой послеоперационных осложнений в случаях изолированной антиглаукомной хирургии за счет применения антиметаболитов, нидлинга и других хирургических приемов. Однако при сочетании с хирургией катаракты данный тип операции вносит определенные особенности в расчет запланированной оптической силы ИОЛ как при последовательной (двухэтапной), так и при комбинированной (одновременной) тактике [17].

Причиной таких затруднений являются анатомо-функциональные изменения, возникающие вследствие хирургического вмешательства в лимбальной зоне: иссечение склеральных лоскутов,

**Таблица 6. Динамика НКОЗ до и после ФЭ.**  
**Table 6. Changes in UCVA before and after PE.**

| Группы<br>Groups          | НКОЗ / UCVA         |                    |                    |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|                           | Исходное<br>Initial | 1 неделя<br>1 week | 1 месяц<br>1 month |
| Первая / First<br>(n=20)  | 0,32±0,13           | 0,70±0,11          | 0,85±0,08          |
| Вторая / Second<br>(n=26) | 0,26±0,12           | 0,60±0,15          | 0,80±0,09          |

наложение фиксирующих швов, а также значительные колебания ВГД, что закономерно приводит к изменениям в биометрических показателях [21, 22].

Так, Н. Helen et al. (2017) в своём обзоре указали, что СТЭ с применением митомицина С в раннем послеоперационном периоде вызывает индуцированный прямой астигматизм. В работе S. Egrilmez и соавторов показано уменьшение кривизны вертикального меридиана роговицы после НГСЭ; при этом после СТЭ изменения ещё более выражены. Также описан гиперметропический сдвиг рефракции после имплантации клапана Ahmed, возникающий после вмешательства [23].

Белов Д.Ф. (2021) отметил усиление преломляющей силы роговицы после СТЭ, в то время как через 6 месяцев после имплантации клапана Ahmed наблюдалось её снижение [17]. Схожие данные приведены в исследовании А. Miraftebi et al. (2019) [23]. Аверич В.В. с соавт. (2023) также указывают на индуцированные рефракционные изменения после СТЭ, обусловленные как интраоперационными манипуляциями, так и тракционным воздействием швов и формированием фиброзной ткани в зоне хирургического вмешательства [24].

Таким образом, традиционные АГО могут существенно изменять биометрические показатели глаза. Это требует, по данным вышеперечисленных авторов, особенного подхода в расчёте оптической силы ИОЛ. Для минимизации рефракционных ошибок после ранее перенесённой гипотензивной операции необходимо учитывать исходный уровень ВГД и, при необходимости, вносить соответствующие корректировки в расчёты ИОЛ.

В связи с этим мЦФК представляет особый интерес как методика с минимальным травматическим воздействием. Предыдущие исследования подтвердили, что мЦФК не оказывает повреждающего действия на структуры цилиарного тела [25]. В то же время в доступной литературе отсутствуют данные о её влиянии на биометрические параметры глаза, что и определило актуальность данной работы.

В частности, была проведена оценка кератометрических показателей у пациентов с ПОУГ развитой и далекозашедшей стадий. Анализ результатов показал отсутствие статистически значимых изменений кривизны роговицы в исследуемых группах с учетом стадии ПОУГ и ранее выполненных АГО (табл. 5). Таким образом, мЦФК снижает ВГД без заметного влияния на кератометрию и индукции роговичного астигматизма, что делает эту методику более предсказуемой в расчетах ИОЛ для пациентов, которым в дальнейшем планируется хирургия катаракты.

Однако не только изменения кератометрических показателей после АГО влияют на результаты послеоперационной рефракции артификачного глаза.

J. Costa et al. 2018 г. в своих исследованиях сообщили об укорочении ПЗО, что привело к гиперметропической рефракции при имплантации шунта Ex-PRESS [26]. M. Kook et al. 2001г. зафиксировали статистически значимое уменьшение ПЗО, сохраняющееся даже через год после СТЭ с применением митомицина С, предположительно, вследствие послеоперационной гипотонии [27]. Аналогичные данные получены О.А. Miraftebi et al. (2019) при использовании клапана Ahmed, однако, достоверной корреляции между степенью снижения ВГД и уменьшением ПЗО не выявлено [23]. В то же время Uretmen et al. (2003), оценивая влияние НГСЭ, не обнаружили статистически значимых изменений длины ПЗО [28].

Анализ собственных данных показал стабильность ПЗО после мЦФК. Ни в одном случае не было выявлено статистически достоверных изменений, что, очевидно, связано с отсутствием гипотонии в послеоперационном периоде. Это положительно отличает мЦФК от фистулизирующих вмешательств, при которых частота гипотонии достигает 20%, особенно при использовании антиметаболитов [29–39].

ГПК также является важным анатомическим параметром, изменяющимся после различных АГО. По данным литературы, большинство таких вмешательств сопровождаются уменьшением ГПК [17,18]. В настоящем исследовании подобных изменений не выявлено — ГПК после мЦФК оставалась стабильной.

Как показывает хирургическая практика, предсказать характер биометрических изменений после классической АГО может быть затруднительно, а следовательно, также трудно учесть их заранее при расчёте оптической силы ИОЛ. В этом контексте мЦФК представляет собой не только как эффек-

тивный и безопасный метод лечения глаукомы, но и как более предсказуемый в качестве достижения целевой рефракции в хирургии катаракты глаукомного глаза. [19, 20, 40–44].

В итоге, анализ собственных данных оптической биометрии показал отсутствие изменений со стороны кератометрических показателей, ПЗО и ГПК после мЦФК. Ни в одном случае не отмечено достоверных отклонений до и после биометрических показателей глаза, что, вероятно, обусловлено щадящим характером воздействия. В нашем исследовании мЦФК при контролируемом режиме лазерной энергии обеспечило стабильное снижение ВГД с  $28,3 \pm 7,6$  до  $15,7$  мм рт.ст. (в среднем на 43%) при далекозашедшей глаукоме и  $32,0 \pm 8,7$  до  $14,6$  мм рт.ст. (в среднем на 53%) при развитой глаукоме, что создаёт потенциальную возможность для «комфортной» хирургии катаракты в сроки от 2 до 4 недель. Более того, мЦФК не приводит к изменению биометрических показателей (ПЗО, ГПК, кератометрия), что в совокупности определяет ее перспективу применения в качестве первого этапа двухэтапного метода хирургии глаукомы и катаракты без дополнительной коррекции в расчетах ИОЛ и необходимости дополнительных биометрических измерений между операциями.

## Заключение

В результате проведённого исследования установлено: мЦФК обладает выраженным гипотензивным эффектом при минимальном воздействии на биометрические параметры глазного яблока. Оценка кератометрических данных, ПЗО и ГПК не выявила статистически значимых изменений после мЦФК у пациентов с ПОУГ развитой и далекозашедшей стадий.

Полученные результаты свидетельствуют о стабильности ключевых биометрических характеристик, что обеспечивает высокую предсказуемость расчёта оптической силы ИОЛ при планировании хирургического лечения катаракты. Отсутствие индуцированного астигматизма, изменений ПЗО и ГПК позволяет рассматривать мЦФК как предпочтительный метод снижения офтальмотонуса на первом этапе комбинированной хирургии глаукомы и катаракты.

Стабильность биометрических показателей не требует повторной биометрии и пересмотра расчётов ИОЛ после мЦФК, что повышает эффективность хирургического лечения пациентов с глаукомой и катарактой.

### Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Иошин И.Э.

Сбор и обработка материала: Березенко Е.А.

Написание статьи: Березенко Е.А., Максимов И.В.

Редактирование: Иошин И.Э.

## Литература

1. Ковеленова И.В., Малов И.В., Бударина С.И. Анализ гипотензивного эффекта ФЭК у больных ПООГ в зависимости от стадии глаукомы. *Практическая медицина* 2012; 4:59.
2. Hayashi K., Hayashi H., Nakao F. et al. Effect of cataract surgery on intraocular pressure control in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1779-1786. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01036-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01036-7).
3. Mathalone N, Hyams M, Neiman S, Buckman G et al. Long-term intraocular pressure control after clear corneal phacoemulsification in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(3):479-483. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.06.046>.
4. Torbey J, Mansouri K. Cataract surgery combined with glaucoma surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2025; 36(1):54-61. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001105>
5. Курешева Н.И., Федоров А.А., Еричев В.П. Патоморфологические особенности передней и задней капсул катарактального хрусталика у больных первичной глаукомой. *Вестник офтальмологии* 2000; 116(2):13-16.
6. Beck A.D. Advanced Glaucoma Intervention Study. Review of recent publications of the Advanced Glaucoma Intervention Study. *Curr Opin Ophthalmol* 2003; 14(2):83-85. <https://doi.org/10.1097/00055735-200304000-00005>
7. Lazaro C, Benitez-del-Castillo J.M, Castillo A, Garcia-Feijoo J et al. Lens fluorophotometry after trabeculectomy in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2002; 109(11):76-79. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00865-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00865-x).
8. Бабушкин А.Э., Исрафилова Г.З., Оренбуркина О.И. К вопросу об антиглаукомном компоненте при сочетанной хирургии глаукомы и катаракты. *Точка зрения. Восток–Запад*. 2020; 1:80-83. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2020-1-80-83>.
9. Исрафилова Г.З., Хуснитдинов И.И., Бабушкин А.Э., Чайка О.В. Сравнительная эффективность различных антиглаукомных операций в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Точка зрения. Восток–Запад* 2019; 2:35-40. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2019-2-35-40>
10. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И., Суркова В.К. и др. Результаты одномоментной факоэмульсификации катаракты и каналоластики у пациентов с глаукомой. *Современные технологии в офтальмологии* 2014; 3:18-20.
11. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И. Результаты комбинированного хирургического вмешательства у больных с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой с использованием дренажа «Глауктекс». *Катарактальная и рефракционная хирургия* 2016; 16(1):42-46.
12. Бабушкин А.Э., Чайка О.В. К вопросу о повышении эффективности отдаленных результатов одномоментного хирургического вмешательства у больных с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой. *Точка зрения. Восток–Запад* 2018; 3:57-60. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-57-60>
13. Li S., Hu Y., Guo R. et al. The effects of different shapes of capsulorrhexis on postoperative refractive outcomes and the effective position of the intraocular lens in cataract surgery. *BMC Ophthalmol* 2019; 19(1):59. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1069-5>
14. Lister L.J., Suheimat M., Verkicharla P.K. et al. Influence of gravity on ocular lens position. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(4):1885-1891. <https://doi.org/10.1167/iov.15-18440>
15. Muniz Castro H., Tai A.X., Sampson S.J. et al. Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Using Anterior Chamber Depth from Two Devices with Barrett Universal II Formula. *J Ophthalmol* 2019; 23(3):615. <https://doi.org/10.1155/2019/8172615>.
16. Vander Mijnsbrugge J., Fils J.F., Jansen J. et al. The role of the vitreous body in effective IOL positioning. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256(8):1517-1520. <https://doi.org/10.1007/s00417-018-3997-5>
17. Белов Д.Ф., Николаенко В.П. Изменение биометрических параметров глаза после гипотензивных операций. *Национальный журнал глаукома* 2020; 19(3):35-41. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.03.04>
18. Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
19. Grippo T.M., Sanchez F.G., Stauffer J., Marcellino G. MicroPulse® Transscleral Laser Therapy – Fluence May Explain Variability in Clinical Outcomes: A Literature Review and Analysis. *Clin Ophthalmol* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>
20. Souissi S., Baudouin C., Labbé A., Hamard P. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation using a standard protocol in patients with refractory glaucoma naive of cyclodestruction. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(1):112-119. <https://doi.org/10.1177/1120672119877586>
21. Akhtar F. The effect of trabeculectomy on corneal curvature. *Pak J Ophthalmol* 2008; 24(3):118-121.
22. Kankariya V.P., Diakonov V.F., Goldberg J.L. et al. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy for postoperative trabeculectomy-induced corneal astigmatism. *J Refract Surg* 2014; 30(7):502-504. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20140617-01>

## References

1. Kovelena I.V., Malov I.V., Budarina S.I. Analysis of the hypotensive effect of phacoemulsification cataract at patients with POAG depending on the stage of glaucoma. *Prakticheskaya meditsina* 2012; 4:59.
2. Hayashi K., Hayashi H., Nakao F. et al. Effect of cataract surgery on intraocular pressure control in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1779-1786. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01036-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01036-7).
3. Mathalone N, Hyams M, Neiman S, Buckman G et al. Long-term intraocular pressure control after clear corneal phacoemulsification in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(3):479-483. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.06.046>.
4. Torbey J, Mansouri K. Cataract surgery combined with glaucoma surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2025; 36(1):54-61. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001105>
5. Kuryshva N.I., Fedorov A.A., Eriчев V.P. Pathomorphological features of the anterior and posterior capsules of the cataract lens in patients with primary glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology* 2000; 116(2):13-16.
6. Beck A.D. Advanced Glaucoma Intervention Study. Review of recent publications of the Advanced Glaucoma Intervention Study. *Curr Opin Ophthalmol* 2003; 14(2):83-85. <https://doi.org/10.1097/00055735-200304000-00005>
7. Lazaro C, Benitez-del-Castillo J.M, Castillo A, Garcia-Feijoo J et al. Lens fluorophotometry after trabeculectomy in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2002; 109(11):76-79. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00865-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00865-x).
8. Babushkin A.E., Israfilova G.S., Orenbуркина O.I. To the question of the choice of the anti-glaucoma component in the combined surgery of glaucoma and cataract. *Point of view. East – West*. 2020; 1:80-83 <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2020-1-80-83>.
9. Israfilova G.Z., Khusnitdinov I.I., Babushkin A.E., Chaika O.V. Comparative effectiveness of various anti-glaucoma operations in combined cataract and glaucoma surgery. *Scientific and practical journal. Point of view. East–West* 2019; 2:35-40. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2019-2-35-40>
10. Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I., Surkova V.K. et al. Outcomes of simultaneous phacoemulsification and canaloplasty in glaucoma patients. *Modern Technologies in Ophthalmology* 2014; 3:18-20.
11. Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I. Outcomes of combined surgery in primary open-angle glaucoma and cataract patients using GlauTex glaucoma implant. *Cataract and Refractive Surgery* 2016; 16(1):42-46.
12. Babushkin AE, Chaika OV. On improving long-term outcomes of simultaneous surgery in patients with primary open-angle glaucoma and complicated cataract. *Point of View. East–West* 2018; 3:57-60. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-57-60>
13. Li S., Hu Y., Guo R. et al. The effects of different shapes of capsulorrhexis on postoperative refractive outcomes and the effective position of the intraocular lens in cataract surgery. *BMC Ophthalmol* 2019; 19(1):59. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1069-5>
14. Lister L.J., Suheimat M., Verkicharla P.K. et al. Influence of gravity on ocular lens position. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(4):1885-1891. <https://doi.org/10.1167/iov.15-18440>
15. Muniz Castro H., Tai A.X., Sampson S.J. et al. Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Using Anterior Chamber Depth from Two Devices with Barrett Universal II Formula. *J Ophthalmol* 2019; 23(3):615. <https://doi.org/10.1155/2019/8172615>.
16. Vander Mijnsbrugge J., Fils J.F., Jansen J. et al. The role of the vitreous body in effective IOL positioning. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256(8):1517-1520. <https://doi.org/10.1007/s00417-018-3997-5>
17. Belov DF, Nikolaenko VP. Changes in ocular biometric parameters after hypotensive surgery. *National Journal Glaucoma* 2020; 19(3):35-41. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.03.04>
18. Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
19. Grippo T.M., Sanchez F.G., Stauffer J., Marcellino G. MicroPulse® Transscleral Laser Therapy – Fluence May Explain Variability in Clinical Outcomes: A Literature Review and Analysis. *Clin Ophthalmol* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>
20. Souissi S., Baudouin C., Labbé A., Hamard P. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation using a standard protocol in patients with refractory glaucoma naive of cyclodestruction. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(1):112-119. <https://doi.org/10.1177/1120672119877586>
21. Akhtar F. The effect of trabeculectomy on corneal curvature. *Pak J Ophthalmol* 2008; 24(3):118-121.
22. Kankariya V.P., Diakonov V.F., Goldberg J.L. et al. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy for postoperative trabeculectomy-induced corneal astigmatism. *J Refract Surg* 2014; 30(7):502-504. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20140617-01>

23. Miraftebi A., Lotfi M., Nilforushan N. et al. Ocular biometric changes after Ahmed glaucoma valve implantation. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):NP6-NP9. <https://doi.org/10.1177/1120672118773388>
24. Аверич В.В., Волжанин А.В., Егорова Г.Б. Изменение рефракции передней и задней поверхностей роговицы в раннем послеоперационном периоде после синустрабекулэктомии. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2023; 23(1):27-32. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-27-32>
25. Vig N., Ameen S., Bloom P. et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
26. Costa J.C., Alió J. Significant hyperopic shift in a patient with extreme myopia following severe hypotonia caused by glaucoma filtering surgery. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):NP6-NP9. <https://doi.org/10.1177/1120672118773388>
27. Kook M.S., Kim H.B., Lee S.U. Short-term effect of mitomycin-C augmented trabeculectomy on axial length and corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27(4):518-523. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00765-8](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00765-8)
28. Uretmen O., Ateş H., Andaç K. Axial length changes accompanying successful nonpenetrating glaucoma filtration surgery. *Ophthalmologica* 2003; 217(3):199-203. <https://doi.org/10.1159/000070333>
29. Nuyts R.M., Greve E.L., Geijssen H.C., Langerhorst C.T. Treatment of hypotonous maculopathy after trabeculectomy with mitomycin C. *Am J Ophthalmol* 1994; 118(3):322-331. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)72956-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)72956-3)
30. Tsai J.C., Chang H.W., Kao C.N. et al. Trabeculectomy with mitomycin C versus trabeculectomy alone for juvenile primary open-angle glaucoma. *Ophthalmologica* 2003; 217(1):24-30. <https://doi.org/10.1159/000068250>
31. Kitazawa Y., Suemori-Matsushita H., Yamamoto T., Kawase K. Low-dose and high-dose mitomycin trabeculectomy as an initial surgery in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1993; 100(11):1624-1628. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(93\)31426-0](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(93)31426-0)
32. Bindlish R., Condon G.P., Schlosser J.D. et al. Efficacy and safety of mitomycin-C in primary trabeculectomy: five-year follow-up. *Ophthalmology* 2002; 109(7):1336-1341. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01069-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01069-2)
33. Costa V.P., Wilson R.P., Moster M.R. et al. Hypotony maculopathy following the use of topical mitomycin C in glaucoma filtration surgery. *Ophthalmic Surg* 1993; 24(6):389-394.
34. Rasheed el S. Initial trabeculectomy with intraoperative mitomycin-C application in primary glaucomas. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999; 30(5):360-366. <https://doi.org/10.3928/1542-8877-19990501-07>
35. Fannin L.A., Schiffman J.C., Budenz D.L. Risk factors for hypotony maculopathy. *Ophthalmology* 2003; 110(6):1185-1191. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(03\)00227-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(03)00227-6)
36. Mietz H., Jacobi P.C., Krieglstein G.K. Intraoperative episcleral versus postoperative topical application of mitomycin-C for trabeculectomies. *Ophthalmology* 2002; 109(7):1343-1349. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01101-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01101-6)
37. Suner I.J., Greenfield D.S., Miller M.P. et al. Hypotony maculopathy after filtering surgery with mitomycin C. Incidence and treatment. *Ophthalmology* 1997; 104(2):207-214. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(97\)30332-7](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(97)30332-7)
38. Costa V.P., Arcieri E.S. Hypotony maculopathy. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85(6):586-597. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.00910.x>
39. Волжанин А.В., Петров С.Ю., Рыжкова Е.Г., Сафонова Д.М., Аверич В.В. Морфологические основы изменения рефракции после антиглаукомных операций фистулизирующего типа. *Национальный журнал глаукома* 2020; 19(2):3-10. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.02.01>
40. Ma A., Yu S.W.Y., Wong J.K.W. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol* 2019; 64(4):486-497. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.01.001>
41. Vig N., Ameen S., Bloom P. et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
42. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В. Сравнительный анализ лечения пациентов с рефрактерной глаукомой различных стадий методом микроимпульсной транссклеральной циклофотокоагуляции. *Офтальмология* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
43. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В. Критерии выбора энергии микроимпульсной транссклеральной циклофотокоагуляции. *Российский офтальмологический журнал* 2023; 16(4):18-23. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-18-23>
44. Баум О.И., Гамидов А.А., Федоров А.А., Юсеф Ю.Н., Гаврилина П.Д. Сравнительная оценка лазерного транссклерального воздействия в условиях анатомического эксперимента. *Вестник офтальмологии* 2024; 140(3):19-26. <https://doi.org/10.17116/ofalma20241400319>
23. Miraftebi A., Lotfi M., Nilforushan N. et al. Ocular biometric changes after Ahmed glaucoma valve implantation. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):NP6-NP9. <https://doi.org/10.1177/1120672118773388>
24. Averich V.V., Volzhanin A.V., Egorova G.B. Changes in anterior and posterior corneal surface refraction in the early postoperative period after sinus trabeculectomy. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2023; 23(1):27-32. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-27-32>
25. Vig N., Ameen S., Bloom P. et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
26. Costa J.C., Alió J. Significant hyperopic shift in a patient with extreme myopia following severe hypotonia caused by glaucoma filtering surgery. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):NP6-NP9. <https://doi.org/10.1177/1120672118773388>
27. Kook M.S., Kim H.B., Lee S.U. Short-term effect of mitomycin-C augmented trabeculectomy on axial length and corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27(4):518-523. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00765-8](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00765-8)
28. Uretmen O., Ateş H., Andaç K. Axial length changes accompanying successful nonpenetrating glaucoma filtration surgery. *Ophthalmologica* 2003; 217(3):199-203. <https://doi.org/10.1159/000070333>
29. Nuyts R.M., Greve E.L., Geijssen H.C., Langerhorst C.T. Treatment of hypotonous maculopathy after trabeculectomy with mitomycin C. *Am J Ophthalmol* 1994; 118(3):322-331. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)72956-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)72956-3)
30. Tsai J.C., Chang H.W., Kao C.N. et al. Trabeculectomy with mitomycin C versus trabeculectomy alone for juvenile primary open-angle glaucoma. *Ophthalmologica* 2003; 217(1):24-30. <https://doi.org/10.1159/000068250>
31. Kitazawa Y., Suemori-Matsushita H., Yamamoto T., Kawase K. Low-dose and high-dose mitomycin trabeculectomy as an initial surgery in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1993; 100(11):1624-1628. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(93\)31426-0](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(93)31426-0)
32. Bindlish R., Condon G.P., Schlosser J.D. et al. Efficacy and safety of mitomycin-C in primary trabeculectomy: five-year follow-up. *Ophthalmology* 2002; 109(7):1336-1341. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01069-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01069-2)
33. Costa V.P., Wilson R.P., Moster M.R. et al. Hypotony maculopathy following the use of topical mitomycin C in glaucoma filtration surgery. *Ophthalmic Surg* 1993; 24(6):389-394.
34. Rasheed el S. Initial trabeculectomy with intraoperative mitomycin-C application in primary glaucomas. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999; 30(5):360-366. <https://doi.org/10.3928/1542-8877-19990501-07>
35. Fannin L.A., Schiffman J.C., Budenz D.L. Risk factors for hypotony maculopathy. *Ophthalmology* 2003; 110(6):1185-1191. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(03\)00227-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(03)00227-6)
36. Mietz H., Jacobi P.C., Krieglstein G.K. Intraoperative episcleral versus postoperative topical application of mitomycin-C for trabeculectomies. *Ophthalmology* 2002; 109(7):1343-1349. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01101-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01101-6)
37. Suner I.J., Greenfield D.S., Miller M.P. et al. Hypotony maculopathy after filtering surgery with mitomycin C. Incidence and treatment. *Ophthalmology* 1997; 104(2):207-214. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(97\)30332-7](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(97)30332-7)
38. Costa V.P., Arcieri E.S. Hypotony maculopathy. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85(6):586-597. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.00910.x>
39. Volzhanin A.V., Petrov S.Y., Ryzhkova E.G., Safonova D.M., Averich V.V. Morphological basis of refraction changes after fistulizing anti-glaucoma surgeries. *National Journal Glaucoma* 2020; 19(2):3-10. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.02.01>
40. Ma A., Yu S.W.Y., Wong J.K.W. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol* 2019; 64(4):486-497. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.01.001>
41. Vig N., Ameen S., Bloom P. et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
42. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V. Comparative analysis of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in patients with refractory glaucoma at different stages. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
43. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V. Criteria for choosing the energy of micropulse transscleral cyclophotocoagulation. *Russian Ophthalmological Journal* 2023; 16(4):18-23. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-4-18-23>
44. Baum OI, Gamidov AA, Fedorov AA, Yusef YuN, Gavrilina PD. Comparative evaluation of transscleral laser exposure in anatomical experiment. *Russian Annals of Ophthalmology* 2024; 140(3):19-26. <https://doi.org/10.17116/ofalma20241400319>