

Характеристика морфометрических показателей передней камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после микроимпульсной ЦФК

Иошин И.Э., д.м.н., профессор, заведующий отделением офтальмологии;

<https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

Максимов И.В., врач-офтальмолог; <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

Березенко Е.А., врач-офтальмолог. <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации,
107143, Российская Федерация, Москва, ул. Лосиноостровская, 45.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Иошин И.Э., Максимов И.В., Березенко Е.А. Характеристика морфометрических показателей передней камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после микроимпульсной ЦФК. Национальный журнал глаукома. 2024; 23(1):13-21.

Резюме

ЦЕЛЬ. Оценить анатомо-топографические параметры передней камеры до и после микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК) при рефрактерной глаукоме в артифакичных и факичных глазах.

МЕТОДЫ. 60 пациентов (62 глаза) с развитой (7 глаз) и далекозашедшей (55 глаз) стадией рефрактерной глаукомы. Сформированы группы исследования: группа артифакичных глаз (31 глаз, 32 пациента) и группа с факичных глаз (31 глаз, 30 пациентов). Всем пациентам была выполнена мЦФК по модифицированной технологии. Для оценки анатомических параметров пациентам проводилась оптическая когерентная томография (ОКТ) переднего отрезка глаза. В установленные сроки наблюдения после мЦФК измеряли глубину и ширину передней камеры.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Через 12 месяцев гипотензивный эффект был достигнут в группе 1 в 83,1% случаев, в группе 2 — в 80,6% случаев ($p < 0,05$). По данным ОКТ, глубина передней камеры в факичной группе в течение 12-месячного

наблюдения стабильно сохранялась в тех же значениях, что и до операции — в среднем $2,43 \pm 0,21$ мм. В артифакичной группе глубина передней камеры за период наблюдения также не изменилась, среднее значение составило $3,27 \pm 0,12$ мм.

В обеих группах по результатам измерений иридокорнеального угла в 4 меридианах за весь период наблюдения значимых изменений не выявлено ($p > 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. мЦФК в режиме плотности потока $F=121$ Дж/см² не приводит к изменению пространственных соотношений структур переднего отрезка глаза. Стабильность анатомии передней камеры глаза, а также отсутствие послеоперационных осложнений в раннем и отдаленном периоде наблюдений говорят о минимальной травматичности применяемой операции при рефрактерной глаукоме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рефрактерная глаукома, микроимпульсная циклофотокоагуляция, передняя камера глаза.

Для контактов:

Березенко Елена Александровна, e-mail: elenamolchanova@inbox.ru

ORIGINAL ARTICLE

Morphometric analysis of the anterior chamber in patients with refractory glaucoma after micropulse cyclophotocoagulation

IOSHIN I.E., Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Ophthalmological Department;
<https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

MAKSIMOV I.V., ophthalmologist; <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

BEREZENKO E.A., ophthalmologist. <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

Clinical Hospital of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation,
 45 Losinoostrovskaya St., Moscow, Russian Federation, 107143.

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

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Ioshin I.E., Maksimov I.V., Berezenko E.A. Morphometric analysis of the anterior chamber in patients with refractory glaucoma after micropulse transscleral cyclophotocoagulation. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):13-21.

Abstract

PURPOSE. To evaluate the anatomical-topographic parameters of the anterior chamber of the eye before and after micropulse cyclophotocoagulation (mCPC) in patients with refractory glaucoma in pseudophakic and phakic eyes.

METHODS. The study included 60 patients (62 eyes) with moderate (7 eyes) and advanced (55 eyes) refractory glaucoma. Study groups were formed as follows: the 1st group consisted of 31 pseudophakic eyes (32 patients), the 2nd group included 31 phakic eyes (30 patients). All patients underwent mCPC according to a modified technique. To assess anatomical parameters patients underwent optical coherence tomography of the anterior segment (AS-OCT). Anterior chamber angle (ACA) and anterior chamber depth (ACD) were measured at specific follow-up time points after mCPC.

RESULTS. Hypotensive effect by the end of 12-month follow-up was achieved in the patients of the first group in 83.1% of cases, in the second group — in 80.6% of cases

($p < 0.05$). According to OCT findings, anterior chamber depth in patients with phakic eyes during the 12-month follow-up remained the same as before surgery — 2.43 ± 0.21 (mm). In the other group with pseudophakic eyes, anterior chamber depth also did not change during the observation period, with an average value of 3.27 ± 0.12 (mm). No significant changes ($p > 0.05$) were found in the irido-corneal angle measurements in the 4 meridians over the entire follow-up period in both groups.

CONCLUSION. Micropulse cyclophotocoagulation performed at fluence rate $F = 121$ J/cm² does not result in changes of structures of the anterior segment of the eye. The stability of anterior chamber anatomy as well as the absence of postoperative complications in early and long-term follow-up proved the minimal traumatic effect of this surgery in patients with refractory glaucoma.

KEYWORDS: refractory glaucoma, micropulse cyclophotocoagulation, anterior chamber.

Микроимпульсная циклофотокоагуляция (мЦФК) активно внедряется в клиническую практику благодаря высокой эффективности и хорошему профилю безопасности [1–7].

Многочисленные исследования подтвердили важность выбора адекватных энергетических параметров лазерного воздействия для достижения стабильного гипотензивного эффекта [1, 3, 5, 7]. Авторами был разработан собственный модифицированный протокол мЦФК, позволивший провести неосложненное лечение у пациентов с рефрактерной глаукомой с эффективностью более 80%. Отсутствие клинических признаков повреждающего действия микроимпульсного лазерного воздействия сочеталось с сохранением исходной остроты зрения [7].

Рядом авторов в подтверждение клинических данных проведены морфометрические исследования (ультразвуковая биомикроскопия в клинике, световая микроскопия в эксперименте), которые, в отличие от традиционной ЦФК, доказали отсутствие признаков коагуляционного некроза в цилиарном теле после мЦФК [8–10, 12–14]. Указанные исследования обосновывают безопасность нового метода и низкий риск послеоперационных осложнений при соблюдении рекомендуемых экспертами энергетических параметров (общая энергия, поток энергии) [11].

Однако, помимо прямого воздействия на цилиарное тело, мЦФК, как и многие антиглаукомные операции, может оказывать опосредованное влияние на окружающие анатомические структуры.

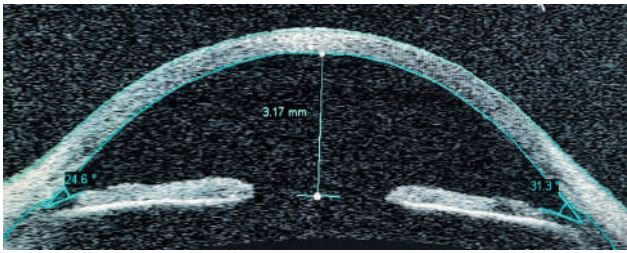


Рис. 1а. ОКТ-изображение передней камеры у пациента с нативным хрусталиком. На снимке обозначены ширина УПК в градусах и ГПК в мм.

Fig. 1a. Anterior chamber OCT image of a patient with a phakic eye. The image shows ACA (°) and ACD (mm).

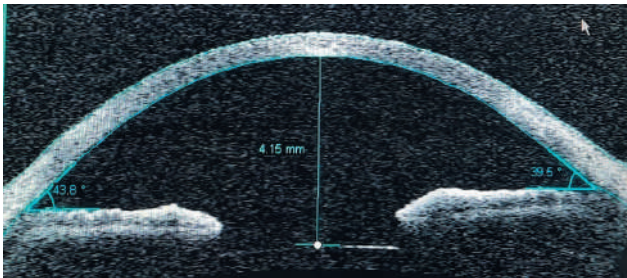


Рис. 1б. ОКТ-изображение передней камеры у пациента с артификацией.

Fig. 1b. OCT image of the anterior chamber in a patient with pseudophakia.

Одними из самых частых анализируемых морфометрических показателей в связи с глаукомой различной формы и этиологии являются ширина угла передней камеры (УПК) и её глубина (ГПК) [12, 13, 15–17]. В совокупности данные параметры определяют форму глаукомы (открытоугольная, закрытоугольная, смешанная), наличие синдрома мелкой передней камеры, синдрома гипотонии и последствия различных антиглаукомных операций [17, 29–31]. Так, расширение УПК с углублением ГПК служит показателем эффективности таких операций, как иридэктомия и лазерная трабекулопластика при смешанной и закрытоугольной глаукоме [15, 18–23, 29, 31]. Классические антиглаукомные операции одновременно с гипотензивным эффектом могут сопровождаться уменьшением ГПК с различными сценариями послеоперационного течения [23–28].

Таким образом, подтвержденное отсутствие коагуляционных повреждений в цилиарном теле после мЦФК не исключает изменений анатомии передней камеры глаза. В настоящее время в литературе отсутствуют данные о морфометрии основных параметров передней камеры глаза после мЦФК. В связи с этим целью данного исследования явилась оценка анатомо-топографических параметров передней камеры глаза (ГПК, ширина УПК) до и после мЦФК у пациентов с рефрактерной глаукомой в артификачных и факичных глазах.

Материалы и методы

В исследование было включено 60 пациентов (62 глаза) с развитой (7 глаз) и далекозашедшей (55 глаз) стадиями рефрактерной глаукомы. Были сформированы группы исследования: группа артификачных глаз (31 глаз, 32 пациента) и группа с нативным хрусталиком (31 глаз, 30 пациентов). Средний возраст на момент проведения мЦФК составлял $78,3 \pm 6,4$ года. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, остроте зрения, исходному ВГД и количеству используемых антиглаукомных капель. Критериями исключения были неоваскулярная, закрытоугольная, вторичная, увеальная формы глаукомы, дистрофия роговицы, а также наличие в анамнезе антиглаукомных вмешательств с использованием дренажных устройств и шунтов.

В анамнезе у всех пациентов были неоднократно перенесенные антиглаукомные лазерные (в среднем $1,3 \pm 0,6$) и хирургические (в среднем $1,75 \pm 0,7$) операции проникающего и непроникающего типа. Длительность заболевания составляла от 5 до 24 лет (в среднем $13,7 \pm 4,3$ лет).

До и после мЦФК всем пациентам проводили офтальмологическое обследование, включающее визометрию, тонометрию (с помощью пневмотонометра и по методу Маклакова) и биомикроскопию. Для оценки параметров передней камеры (УПК, ГПК) использовали оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего отрезка глаза до операции и в сроки наблюдения 1 неделя, 1 месяц, 3, 6, 9 и 12 месяцев.

Исследование переднего отрезка глаза выполняли на аппарате Visante™ OCT Anterior Segment Imaging (Carl Zeiss). В процессе исследования световые условия были тождественны. Один исследователь получал все изображения и проводил измерения, отбирались и анализировались изображения с наилучшими центрацией и качеством. Структуру переднего отрезка глаза определяли по нескольким показателям. В факичных глазах ГПК измеряли от эндотелия в центре роговицы до передней капсулы хрусталика, а в артификачных — от эндотелия до передней поверхности интраокулярной линзы (рис. 1 а, б).

Для оценки топографии зоны УПК выполняли измерения ширины иридокорнеального угла по нескольким меридианам (рис. 2).

Как до, так и после операции при измерении для анализа выбиралась наименьшая величина УПК одного меридиана.

Всем пациентам выполняли мЦФК с применением прибора SUPRA 810 (Quantel Medical, Франция) по предложенной модифицированной технологии (Патент на изобретение 2780277 С1, 21.09.2022). Использовались следующие параметры лазера: мощность $W=2000$ мВт, скважность 31,3%, время воздействия на 4 квадранта — 200 сек, энергия

Таблица 1. Ширина УПК в градусах в исследуемых меридианах до и после мЦФК у пациентов с артифакцией, n=31.

Table 1. Results of ACA measurements in the studied meridians before and after mCPC in patients with pseudophakia, n=31.

Срок наблюдения Follow-up times	Меридиан / Meridian							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
До операции Pre-operative values	42,9±5,7	41,3±4,0	42,2±4,6	42,3±5,6	41,1±5,0	43,1±4,3	42,4±4,7	43,3±3,8
1 неделя Week 1 post-op	43,1±5,3	41,3±3,0	42,6±5,5	42,6±6,2	41,4±4,7	44,0±4,2	42,7±4,8	43,9±4,7
1 месяц / Month 1	42,5±6,0	41,8±4,2	42,4±5,6	43,9±5,0	42,0±4,5	42,9±4,9	41,6±3,6	43,3±4,1
3 месяц / Month 3	43,0±4,4	41,5±4,3	42,7±3,3	43,2±4,5	41,7±3,9	42,8±3,8	42,9±3,7	44,1±4,5
6 месяц / Month 6	43,4±6,5	42,1±3,3	42,4±5,9	42,8±4,2	41,0±4,0	43,1±2,7	42,2±4,6	41,8±5,4
9 месяц / Month 9	42,8±5,5	43,0±3,3	43,1±3,9	43,0±3,7	41,5±4,3	43,4±5,0	42,5±3,9	42,3±3,9
12 месяц / Month 12	43,2±5,9	42,9±4,1	42,4±3,7	42,5±5,2	40,9±4,4	44,2±4,7	42,0±5,0	43,0±3,9

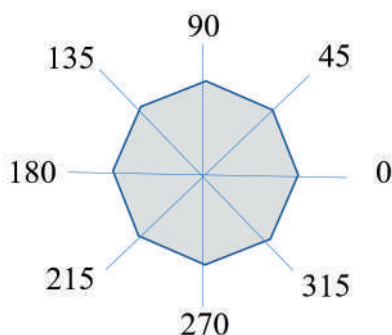


Рис. 2. Измерение УПК по меридианам с помощью ОКТ.
Fig. 2. Measurement of ACA along the meridians using OCT.

$E=125$ Дж, экспозиция на квадрант — 10 сек на каждый проход, количество проходов — 5, плотность потока энергии $F=121,8$ Дж/см². Применяемая лазерная энергия находилась в диапазоне безопасных и эффективных значений. Операция выполнялась под субтензовой анестезией. Лазерный зонд проводили по каждому квадранту отдельно, исключая зоны 3 и 9 часов. Осложнений во время операции не отмечалось.

Для оценки совокупного вероятного успеха лазерного лечения после мЦФК использовали метод Каплана-Мейера [31]. Основными параметрами успеха авторы определяют: показатели ВГД между 6 и 21 мм рт.ст. на фоне гипотензивных препаратов или без них; снижение ВГД на 20% и более от исходного ВГД спустя 3 месяца; отсутствие осложнений и отсутствие необходимости в дополнительной хирургии глаукомы, за исключением мЦФК.

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

Результаты

Показания к мЦФК у всех 62 пациентов с рефрактерной глаукомой были определены после комплексного исследования в связи с нестабильным ВГД и отсутствием эффекта от традиционных методов лечения. Пациенты находились под офтальмологическим контролем до операции, через 7 дней и далее через 1, 3, 6, 9 и 12 месяцев. Срок наблюдения пациентов обеих групп составил $14,5\pm3,4$ месяцев. Все пациенты прошли срок наблюдения длительностью 12 месяцев.

Течение раннего послеоперационного периода у всех больных проходило спокойно. При осмотре в ранние сроки редко отмечался остаточный отек бульбарной конъюнктивы, перикорнеальная инъеция отсутствовала, влага передней камеры была прозрачной.

Процент благоприятного исхода по предложенной методике мЦФК был приблизительно одинаковым в обеих группах. К сроку наблюдения 12 месяцев для артифакционной группы он составил 83,1%, для факической группы — 80,6%. В артифакционной группе спустя 12 месяцев после операции отмечено снижение ВГД с $28,9\pm4,5$ мм рт.ст. до $18,4\pm3,3$ мм рт.ст. (снижение на 36,6%, $p<0,05$). В факической группе отмечалось снижение ВГД с $29,1\pm4,6$ мм рт.ст. до $18,9\pm4,0$ мм рт.ст. (снижение ВГД

Таблица 2. Ширина УПК в градусах в исследуемых меридианах до и после мЦФК у пациентов с факичными глазами, n=31.

Table 2. Results of ACA measurements in the studied meridians before and after mCPC in patients with phakic eyes, n=31.

Срок наблюдения Follow-up times	Меридиан / Meridian							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
До операции Pre-operative values	24,8±9,6	23,7±6,5	24,5±6,7	21,6±8,6	25,9±6,0	25,5±6,0	28,3±7,6	25,1±7,6
1 неделя Week 1 post-op	24,6±8,9	24,3±6,8	25,3±5,5	21,8±9,2	24,1±5,2	26,6±5,4	28,9±7,8	25,4±7,5
1 месяц / Month 1	24,0±9,4	23,4±6,0	24,8±6,0	20,6±8,3	23,8±7,4	26,0±6,9	29,0±7,2	24,9± 6,9
3 месяц / Month 3	24,5±8,0	23,7±7,1	24,0±7,2	21,5±7,7*	22,9±6,9	25,2±6,6	29,3±6,8*	25,7±6,1
6 месяц / Month 6	24,3±7,9	23,8±6,8	24,6±6,2	22,0±7,6	23,1±7,2	25,6±7,1	29,2±7,7	25,1±6,7
9 месяц / Month 9	24,1±7,5	22,9±6,0	25,0±5,9	23,1±6,8*	23,4±6,2	25,0±6,1	28,9±6,9	24,8±7,0
12 месяц / Month 12	24,6±8,8	23,5±7,1	24,5±6,9	22,8±7,8	24,0±7,7	25,8±6,7	28,7±6,9	25,2±6,8

Таблица 3. ГПК в обеих группах до и после мЦФК (мм).

Table 3. Results of ACD measurements before and after mCPC (mm).

Срок наблюдения Follow-up times	Исследуемые группы / Study groups	
	Факичные глаза / Phakic eyes	Артифакичные глаза / Pseudophakic eyes
До операции / Pre-operative values	2,5±0,14	3,25±0,13
1 неделя / Week 1 post-op	2,44±0,27	3,27±0,12
1 месяц / Month 1	2,42±0,15	3,31±0,11
3 месяц / Month 3	2,45±0,2	3,26±0,13
6 месяц / Month 6	2,40±0,19	3,24±0,15
9 месяц / Month 9	2,49±0,23	3,29±0,11
12 месяц / Month 12	2,43±0,16	3,26±0,13

на 35,0%, $p < 0,05$) (табл. 1). В сроки наблюдения от 6 до 9 месяцев в артифакичной группе в 5 случаях было выявлено повышение ВГД до $28,4 \pm 2,5$ мм рт.ст. Данной группе пациентов с нестабильным ВГД были определены показания для проведения повторной мЦФК по модифицированной технологии. После повторной мЦФК гипотензивный в раннем послеоперационном периоде эффект был достигнут во всех случаях.

В факичной группе в сроки наблюдения от 7 до 10 месяцев у 6 пациентов (6 глаз) выявлено повышение ВГД до $28,8 \pm 3,4$ мм рт.ст. Данным пациентам с нестабильным ВГД проведена повторная процедура мЦФК по модифицированной технологии. Гипотензивный эффект был достигнут во всех случаях в раннем послеоперационном периоде.

За период наблюдения послеоперационных осложнений не выявлено.

Максимальная корригированная острота зрения у пациентов в обеих группах за период наблюдения оставалась на дооперационном уровне. Количество гипотензивных препаратов после мЦФК в обеих группах снизилось в среднем с $3,0 \pm 0,4$ до $2,3 \pm 0,3$.

Получены следующие результаты ОКТ переднего отрезка: ГПК у пациентов с факичными глазами в течение всего срока наблюдения стабильно сохранялась в тех же значениях, что и до операции — в среднем $2,43 \pm 0,21$ (мм). В группе с артифакичными глазами ГПК за период наблюдения также не изменилась, среднее значение составило $3,27 \pm 0,12$ (мм).

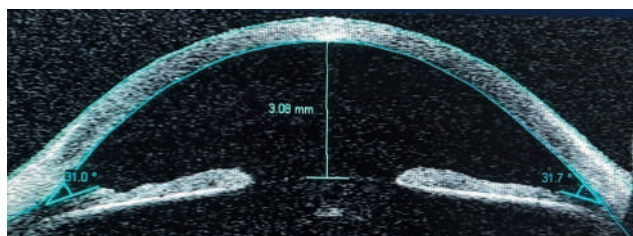


Рис. 3б. Измерение УПК и ГПК в через 1 неделю.

Fig. 3b. Measurement of ACA and ACD at 1 week after surgery.

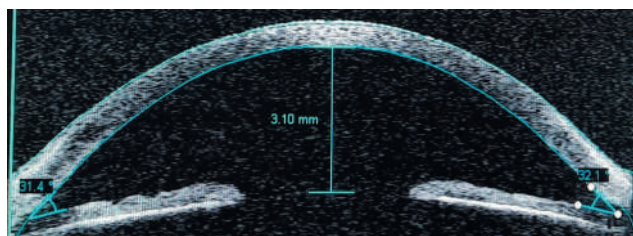


Рис. 3с. Измерение УПК и ГПК через 1 месяц.

Fig. 3c. Measurement of ACA and ACD at 1 month after surgery.

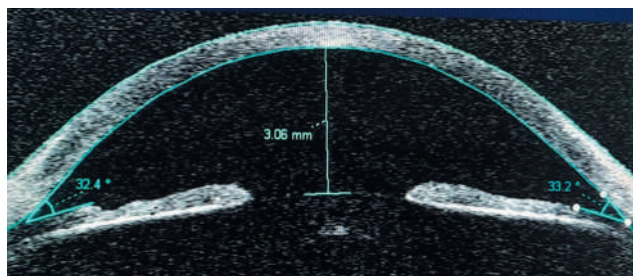


Рис. 3д. Измерение УПК и ГПК через 3 месяца.

Fig. 3d. Measurement of ACA and ACD at 3 months after surgery.

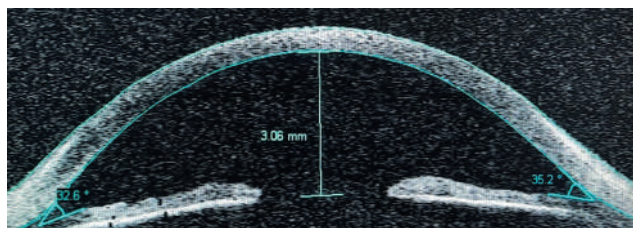


Рис. 3 (а–д). Результаты измерения УПК и ГПК у пациента с нативным хрусталиком в различные сроки наблюдения в меридиане 90–270°.

Fig. 3 (a–d). Results of ACA and ACD measurements in patients with native lens on different follow-up time points at the 90–270° meridian.

В обеих группах также проведена оценка состояния УПК в 4 меридианах. В группе факических глаз с первой недели после лечения и до конца срока наблюдения ни в одном меридиане значимых изменений не выявлено ($p > 0,05$) (рис. 3). В группе артифакических глаз значения УПК за период наблюдения также не изменились (рис. 4). Таким образом,

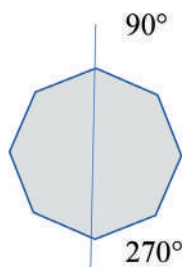


Рис. 3а. Измерение УПК и ГПК до операции.

Fig. 3a. Measurement of ACA and ACD before surgery.

исследуемые показатели структур переднего отрезка (УПК и ГПК) глаза сохранялись стабильными до и после мЦФК за весь период наблюдения ($p > 0,05$) (табл. 1, 2, 3).

Обсуждение

мЦФК заняла особое место в лечении рефрактерных форм глаукомы ввиду её высокой эффективности и минимального числа послеоперационных осложнений [1–7].

В подтверждение тому показатели успешности хирургического лечения после модифицированной мЦФК по модифицированному протоколу с учетом потока энергии (121,8 Дж/см²) составили 83,1% для первой группы и 80,1% для второй группы к сроку наблюдения 12 месяцев [7].

Ранее безопасность применяемого метода мЦФК была доказана результатами гистологических исследований в эксперименте. Применение мЦФК не вызывало коагуляционного некроза эпителия и стромы цилиарного тела, что доказывает ее минимально травматичный характер [8, 9, 14].

Прижизненные исследования цилиарного тела после мЦФК с помощью ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) показали отсутствие нарушений его структуры [12, 13, 30]. Так, в исследовании Ходжаева Н.С. и соавт. (2020) у всех пациентов с неоваскулярной глаукомой через 1 месяц после мЦФК толщина цилиарного тела была приближена к дооперационным значениям. Ни в одном случае не было выявлено дистрофических изменений цилиарных отростков [10]. В другом исследовании Benhatchi N. et al. (2019) с помощью УБМ оценивали значение толщины цилиарного тела до и после операции. Проведенное исследование подтвердило отсутствие значительных изменений толщины цилиарного тела ($p > 0,001$) [12]. Soh P. и соавт. (2016) показали, что через 6 месяцев после мЦФК не наблюдается изменений как цилиарного тела, так и структур угла передней камеры, а также прилегающих тканей (супрахориоидальное пространство, склеральная шпора) [30].

Следует отметить, что трактовка результатов УБМ часто носит субъективный характер, оценка результатов зависит от исследователя. В связи с этим сложно судить однозначно, что именно

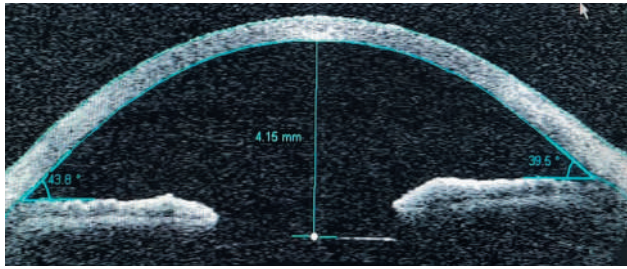


Рис. 4б. Измерение УПК и ГПК через 1 неделю.

Fig. 4b. Measurement of ACA and ACD at 1 week after surgery.

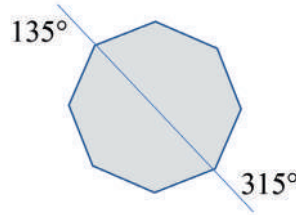
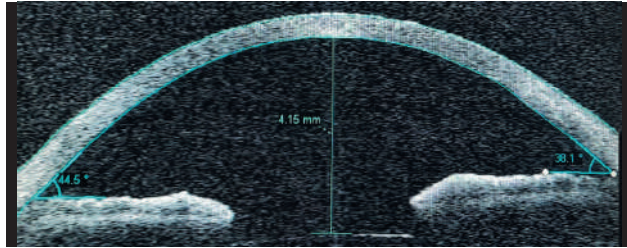


Рис. 4а. Измерение УПК и ГПК до операции.

Fig. 4a. Measurement of ACA and ACD before surgery.

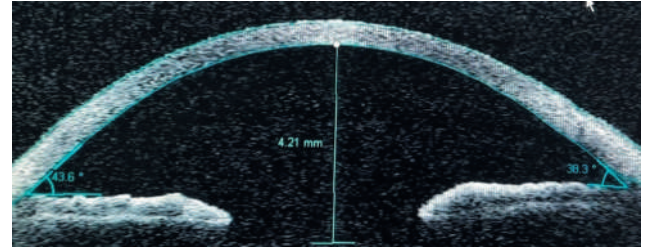


Рис. 4с. Измерение УПК и ГПК через 3 месяца.

Fig. 4c. Measurement of ACA and ACD at 3 months after surgery.

Рис. 4 (а–с). Результаты измерения УПК и ГПК у пациента с артрафакцией в различные сроки наблюдения в меридиане 135–315°.
Fig. 4 (a–c). Results of ACA and ACD measurements in patients with pseudophakia on different follow-up time points at the 135–315° meridian.

характеризуют изменения в виде разрежения пространства между цилиарным телом и склерой, а также относительное утолщение цилиарных отростков — стадию глаукомы или реакцию на энергетическое воздействие. Данный факт дополнительно подчеркивает важность соблюдения безопасных энергетических параметров мЦФК.

Применение объективных морфометрических методов, к которым по праву относится ОКТ, для измерения УПК и ГПК, призвано помочь независимо оценить результат ранее проведенных операций. Такой контроль ГПК и ширины УПК, в частности, проводится в случаях лазерной иридэктомии, иридопластики, а также при эндоскопической циклопластике [12, 27–29]. Объективный контроль ГПК и УПК регулярно проводится после фильтрующих антиглаукомных операций. Полученные с помощью ОКТ анатомо-топографические особенности передней камеры оперированного глаза позволяют представить важнейшие показатели для определения тактики лечения [15, 16, 18, 20, 27].

Проведенный анализ собственных результатов ОКТ показал отсутствие морфометрических изменений со стороны УПК и ГПК в исследуемых группах за период наблюдения 12 месяцев. Ни в одном случае не было выявлено статистически достоверных изменений со стороны структур передней камеры, что, вероятно, связано с минимально травмирующим воздействием лазерной энергии на цилиарное тело.

Полученные данные доказывают, что методика мЦФК при контролируемом режиме лазерной энергии не приводит к патологическим изменениям структур передней камеры глаза, что подтверждает её эффективность и безопасность.

Заключение

Полученные результаты морфометрических измерений с помощью метода оптической когерентной томографии доказывают, что мЦФК в режиме плотности потока $F=121$ Дж/см² не приводит к изменению пространственных соотношений структур переднего отрезка глаза, в частности, величины УПК и ее глубины в течение всего срока наблюдения после операции. Стабильность анатомии передней камеры глаза косвенно подтверждает отсутствие повреждающего действия выбранных параметров лазерного воздействия на основные структуры, обеспечивающие гидродинамику глаза. Учитывая вышесказанное, а также неизменную остроту зрения и отсутствие осложнений, мЦФК можно отнести к минимально травматичным операциям у пациентов с рефрактерной глаукомой.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Иошин И.Э.

Сбор и обработка материала: Максимов И.В., Березенко Е.А.

Статистическая обработка: Максимов И.В., Березенко Е.А.

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

Редактирование и окончательное утверждение: Иошин И.Э.

Литература

1. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
2. Ma A, Yu SWY, Wong JKW. 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>
3. 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. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>.
4. 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>
5. Souissi S, Baudouin C, Labb 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>
6. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В. Сравнительный анализ лечения пациентов с рефрактерной глаукомой различных стадий методом микроимпульсной трансклеральной циклофотокоагуляции. *Офтальмология* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
7. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Модифицированный протокол микроимпульсной циклофотокоагуляции с учетом потока лазерной энергии. *РООФ-2022. Т. 1.* 247-250.
8. Maslin JS, Chen PP, Sinard J, Nguyen AT, Noecker R. Histopathologic changes in cadaver eyes after MicroPulse and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. *Can J Ophthalmol* 2020; 55(4):330-335. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2020.03.010>
9. Moussa K, Feinstein M, Pekmezci M, et al. Histologic Changes Following Continuous Wave and Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Randomized Comparative Study. *Transl Vis Sci Technol* 2020; 9(5):22. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.5.22>
10. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В., Елисеева М.А. Микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы. *Российский офтальмологический журнал* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
11. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovino M, et al. Evidence-Based Consensus Guidelines Series for MicroPulse Transscleral Laser Therapy: Dosimetry and Patient Selection. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1837-1846. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S365647>
12. Nassima Benhatchi, Djawed Bensmail, Yves Lachkar. Benefits of Sub-Cyclo laser therapy guided by high-frequency ultrasound biomicroscopy in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2019; 28(6): 535-539. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001230>.
13. Graber M, Rothschild P-R, Khoueir Z, et al. High intensity focused ultrasound cyclodestruction versus cyclodiode treatment of refractory glaucoma: A retrospective comparative study. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(7):611-618. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.02.005>.
14. Tan Nyq, Ang M, Chan Asy, et al. Transscleral cyclophotocoagulation and its histological effects on the conjunctiva. *Sci Rep* 2019; 9(1):18703. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55102-0>
15. Бирич Т.А. Биомеханические компоненты закрытия угла передней камеры глаза по данным оптической когерентной томографии. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2010; 4:118.
16. See JL. Imaging of the anterior segment in glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37(5):506-513. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02081.x>
17. Нестеров А.П. Глаукома. М: Медицина 1995; 256.
18. Cornel S, Iliescu D.A., Batras M. et al. Plateau iris — diagnosis and treatment. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2015; 59(1):14-18.
19. Даниленко О.В., Большунов А.В., Ильина Т.С. Влияние лазерной иридэктомии на анатомо-функциональные показатели при первичной закрытоугольной глаукоме с относительным зрачковым блоком. *Национальный журнал глаукома* 2014; 13(4):48-55.

References

1. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
2. Ma A, Yu SWY, Wong JKW. 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>
3. 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. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>.
4. 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>
5. Souissi S, Baudouin C, Labb 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>
6. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V. Comparative Analysis of Treatment of Patients with Refractory Glaucoma of Various Stages by Microimpulse Transscleral Cyclophotocoagulation. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
7. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V., Rakova A.V. Modified protocol of micropulse cyclophotocoagulation including the laser fluence. *ROOF-2022. Vol. 1.* Pp. 247-250.
8. Maslin JS, Chen PP, Sinard J, Nguyen AT, Noecker R. Histopathologic changes in cadaver eyes after MicroPulse and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. *Can J Ophthalmol* 2020; 55(4):330-335. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2020.03.010>
9. Moussa K, Feinstein M, Pekmezci M, et al. Histologic Changes Following Continuous Wave and Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Randomized Comparative Study. *Transl Vis Sci Technol* 2020; 9(5):22. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.5.22>
10. Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V., Eliseeva M.A. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Russian Ophthalmological Journal* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
11. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovino M, et al. Evidence-Based Consensus Guidelines Series for MicroPulse Transscleral Laser Therapy: Dosimetry and Patient Selection. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1837-1846. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S365647>
12. Nassima Benhatchi, Djawed Bensmail, Yves Lachkar. Benefits of Sub-Cyclo laser therapy guided by high-frequency ultrasound biomicroscopy in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2019; 28(6): 535-539. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001230>.
13. Graber M, Rothschild P-R, Khoueir Z, et al. High intensity focused ultrasound cyclodestruction versus cyclodiode treatment of refractory glaucoma: A retrospective comparative study. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(7):611-618. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.02.005>.
14. Tan Nyq, Ang M, Chan Asy, et al. Transscleral cyclophotocoagulation and its histological effects on the conjunctiva. *Sci Rep* 2019; 9(1):18703. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55102-0>
15. Birich TA. Biomechanical components of anterior chamber angle closure by optical coherence tomography. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 4:118.
16. See JL. Imaging of the anterior segment in glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37(5):506-513. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02081.x>
17. Nesterov AP. Glaucoma [Glaukoma]. Moscow, Meditsina Publ., 1995. 256 p.
18. Cornel S, Iliescu D.A., Batras M. et al. Plateau iris — diagnosis and treatment. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2015; 59(1):14-18.
19. Danilenko O.V., Bolshunov A.V., Il'ina T.S. Laser iridectomy influence on anatomical and functional characteristics in primary angle-closure glaucoma and relative papillary block. *National Journal glaucoma* 2014; 13(4):48-55.

20. Policoff I.A., Chanis R.A., Toor A., Ramos-Esteban J.C., Fahim M.M., Gaqliuso D.J., Serle J.B. The effect of laser iridotomy on the anterior segment anatomy of patients with plateau iris configuration. *J Glaucoma* 2005; 14(2):109-113.
21. Day, A.C., Baio G., Gazzard G. et al. The prevalence of primary angle closure glaucoma in european derived populations: A systematic review. *Br J Ophthalmol* 2012; 96(9):1162-1167. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-301189>
22. Шмелева-Кенуфи О.А., Мельник М.А., Мамиконян В.Р., Муха А.И. Современные стратегии использования селективной лазерной трабекулопластики в лечении глаукомы. Обзор литературы. *Офтальмология* 2022; 19(2):242-246. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-242-246>
23. Басинский С.Н. Частота осложнений и сравнительная эффективность хирургического лечения первичной открытоугольной глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2011; 12(2):67-70.
24. Еричев В.П., Абдуллаева Э.Х., Мазурова Ю.В. Частота и характер интра- и ранних послеоперационных осложнений после антиглаукомных операций. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
25. Егоров Е.А. Нежелательные явления гипотензивной терапии глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2007; 8(4):144.
26. Егоров Е.А., Гордничий В.В., Петров С.Ю. и др. Ранние и отдаленные результаты хирургического лечения глаукомы (результаты многоцентрового исследования стран СНГ). *РМЖ Клиническая офтальмология* 2017; 17(1):25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-25-34>
27. Simsek, M., Elgin, U., Uzel, M. M., Sen, E., & Yilmazbas, P. Stabilization Time of Anterior Segment Parameters After Trabeculectomy Surgery. *Eye & contact lens* 2018; 44(Suppl 2):S396-S399. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000525>
28. Ritch R., Tham CC., Lam DS. Long-term success of argon laser peripheral iridoplasty in the management of plateau iris syndrome. *Ophthalmology* 2004; 111(1):104-108. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.05.001>
29. Podbielski D.W., Varma D.K., Tam D.Y. Endocycloplasty. A new technique for managing angle closure glaucoma secondary to plateau iris syndrome. *Glaucoma today* 2010; 10:29-31.
30. Coh P., Masis M., Moghimi S., Lin S.C. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation: shortterm results and anatomical effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2016; 57:5619.
31. Sanchez F.G., Lerner F., Sampaolesi J., Noecker R. et al. Efficacy and Safety of Micropulse(R) Transscleral Cyclophotocoagulation in Glaucoma. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2018; 93(12):573-579. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.003>
20. Policoff I.A., Chanis R.A., Toor A., Ramos-Esteban J.C., Fahim M.M., Gaqliuso D.J., Serle J.B. The effect of laser iridotomy on the anterior segment anatomy of patients with plateau iris configuration. *J Glaucoma* 2005; 14(2):109-113.
21. Day, A.C., Baio G., Gazzard G. et al. The prevalence of primary angle closure glaucoma in european derived populations: A systematic review. *Br J Ophthalmol* 2012; 96(9):1162-1167. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-301189>
22. Shmeleva-Kenoufi O.A., Melnik M.A., Mamikonyan V.R., Mukha A.I. Modern Strategies for Using Selective Laser Trabeculoplasty in Treatment of Glaucoma. Review. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(2):242-246. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-242-246>
23. Basinsky S.N. Frequency of complications and comparative efficacy of surgical treatment of POAG. *RMJ Clinical ophthalmology* 2011; 13(2):67-70.
24. Elichev VP, Abdullaeva EH, Mazurova UV. Frequency and nature of intraoperative and early postoperative complications after glaucoma surgeries. *Vestnik Oftalmologii* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
25. Egorov E.A. Undesirable effects of hypotensive treatment. *RMJ Clinical ophthalmology* 2007; 8(4):144.
26. Egorov E.A., Kuroyedov A.V., Gorodnichiy V.V. et al. Early and long-term outcomes of glaucoma surgery the results of multicenter study in CIS Countries. *RMJ Clinical ophthalmology* 2017; 17(1):25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-25-34>
27. Simsek, M., Elgin, U., Uzel, M. M., Sen, E., & Yilmazbas, P. Stabilization Time of Anterior Segment Parameters After Trabeculectomy Surgery. *Eye & contact lens* 2018; 44(Suppl 2):S396-S399. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000525>
28. Ritch R., Tham CC., Lam DS. Long-term success of argon laser peripheral iridoplasty in the management of plateau iris syndrome. *Ophthalmology* 2004; 111(1):104-108. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.05.001>
29. Podbielski D.W., Varma D.K., Tam D.Y. Endocycloplasty. A new technique for managing angle closure glaucoma secondary to plateau iris syndrome. *Glaucoma today* 2010; 10:29-31.
30. Coh P., Masis M., Moghimi S., Lin S.C. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation: shortterm results and anatomical effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2016; 57:5619.
31. Sanchez F.G., Lerner F., Sampaolesi J., Noecker R. et al. Efficacy and Safety of Micropulse(R) Transscleral Cyclophotocoagulation in Glaucoma. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2018; 93(12):573-579. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.003>