

Научная статья
УДК 617.7-007.681
doi: 10.25276/0235-4160-2023-3-57-64

Сравнительные результаты микроимпульсной циклофотокоагуляции с учетом различных уровней энергии у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой

И.Э. Иошин, А.В. Ракова, И.В. Максимов, Е.А. Березенко

Клиническая больница Управления делами Президента Российской Федерации, Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Оценка безопасности и эффективности различных параметров лазерной энергии при выполнении микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК) у пациентов с разными стадиями первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ). **Материал и методы.** Под наблюдением находились 177 пациентов с разницей (47), далеко зашедшей (130) стадией ПОУГ. В анамнезе все пациенты перенесли неоднократно антиглаукомные лазерные (в среднем $1,3 \pm 0,6$) и хирургические (в среднем $1,78 \pm 0,7$) операции проникающего и непроникающего типа. По количеству общей энергии во время мЦФК пациентов разделили на 2 группы: 1-я группа – исходный протокол (117 пациентов), где общая энергия составила 125 Дж, поток энергии – $121,8 \text{ Дж/см}^2$; 2-я группа – протокол с увеличенной энергией (60 пациентов), где общая энергия составляла 150 Дж, поток энергии – 152 Дж/см^2 . **Результаты.** Течение операции и послеоперационного периода у всех больных проходило спокойно, осложнений не отмечено. По данным, полученным при сравнении двух групп пациентов по Каплану – Май-

еру, через 12 месяцев наблюдения лучше показала себя 2-я группа пациентов с плотностью потока энергии 152 Дж/см^2 . Положительный результат был достигнут в 95% случаев против 87,1% у пациентов в 1-й группе с плотностью потока энергии $121,8 \text{ Дж/см}^2$. **Заключение.** У пациентов с ПОУГ мЦФК с плотностью потока энергии $121,8 \text{ Дж/см}^2$ и общей энергией 125 Дж и 152 Дж/см^2 и общей энергией 150 Дж является эффективным и безопасным методом лечения. Параметры успеха, оцениваемые по критериям Каплана – Майера, показали, что проведение мЦФК с энергией 150 Дж оказалась более эффективной, чем с 125 Дж. В 1-й группе успех операции отмечен у 87,1% (102 из 117 пациентов) в сроки до 12 месяцев наблюдения. Проведение мЦФК у 60 пациентов с большей энергией воздействия (150 Дж) привело к долгосрочному гипотензивному эффекту у 95% (57 из 60 больных) в эти же сроки.

Ключевые слова: открытоугольная глаукома, внутриглазное давление, микроимпульсная циклофотокоагуляция, плотность потока энергии ■

Для цитирования: Иошин И.Э., Ракова А.В., Максимов И.В., Березенко Е.А. Сравнительные результаты микроимпульсной циклофотокоагуляции с учетом различных уровней энергии у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. Офтальмохирургия. 2023;3: 57–64. doi: 10.25276/0235-4160-2023-3-57-64

Автор, ответственный за переписку: Анна Владимировна Ракова, ranetka2004@inbox.ru

ABSTRACT

Original article

Comparative results of micropulse transscleral cyclophotocoagulation considering different energy levels in patients with primary open-angle glaucoma

I.E. Ioshin, A.V. Rakova, I.V. Maksimov, E.A. Berezenko

Clinical Hospital of the Office of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Purpose. To evaluate the safety and efficacy of different laser energy parameters when performing micropulse transscleral cyclophotocoagulation (MP-TSCPC) in patients with different stages of primary open-angle glaucoma (POAG). **Material and methods.** 177 patients with moderate (47) and advanced (130) stages of primary open-angle glaucoma were under observation. All patients underwent repeated laser (mean $1,3 \pm 0,6$)

and surgical (mean $1,78 \pm 0,7$) penetrating and nonpenetrating antiglaucoma surgeries. According to the amount of total energy during MP-TSCPC, patients were divided into 2 groups. The protocol of the first group (117 patients) included a total energy of 125J, fluence of $121,8 \text{ J/cm}^2$. The protocol of the second group included increased energy (60 patients) where the total energy was 150 J, fluence 152 J/cm^2 . **Results.** Surgery

and postoperative period in all patients were areactive. According to the data obtained when comparing the two groups on Kaplan – Meier chart, after 12 months of observation the group of patients with the fluence of 152J/cm² showed better results. A positive result was achieved in 95% of cases, compared to 87,1% in patients in the first group with an fluence of 121,8 J/cm². **Conclusion.** MP-TSCPC in patients with POAG with a fluence of 121,8 J/cm² and a total energy of 125 J and a fluence of 152 J/cm² and a total energy of 150 J is an effective and safe treatment method. The

success parameters evaluated according to the Kaplan – Meier criterion showed that performing MP-TSCPC with 150 J energy was more effective than with 125 J. In the first group, 87,1% (102 out of 117 patients) success was achieved in up to 12 months of follow-up. In 60 patients with a higher energy (150 J), MP-TSCPC resulted in a long-term hypotensive effect in 95% (57 out of 60 patients) in the same period of observation.

Key words: open angle glaucoma, intraocular pressure, micropulse cyclophotocoagulation, fluence ■

For citation: Ioshin I.E., Rakova A.V., Maksimov I.V., Berezenko E.A. Comparative results of micropulse transscleral cyclophotocoagulation considering different energy levels in patients with primary open-angle glaucoma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2023;3: 57–64. doi: 10.25276/0235-4160-2023-3-57-64

Corresponding author: Anna V. Rakova, ranetka2004@inbox.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

В последние годы микроимпульсная циклофотокоагуляция (мЦФК) с различными вариантами по длительности и интенсивности лазерного воздействия зарекомендовала себя как эффективная и безопасная процедура в лечении глаукомы [1, 2].

До настоящего времени обсуждаются вопросы продолжительности гипотензивного эффекта мЦФК в зависимости от стадии, типа глаукомы и предшествующего хирургического анамнеза [3]. Тем не менее основная дискуссия вокруг данной технологии заключается в сравнении параметров лазерной энергии (мощность излучения, время воздействия, общая энергия, скорость прохождения зонда/световода, количество проходов, поток энергии), которые влияют на результат операции [4].

Наиболее распространенный параметр – общая энергия лазерного воздействия – рассчитывается как произведение мощности прибора на время воздействия – $W=f(P, T)$. Исследованиями F.G. Sanchez и соавт. было определено, что мЦФК с общей энергией в диапазоне от 100 до 150 Дж и временем облучения от 160 до 240 сек обеспечивает высокую результативность и минимальное число осложнений [5].

Вместе с тем расчетная общая энергия не всегда линейно коррелирует с результатом операции, так как не соответствует истинному времени лазерного облучения [6]. Т.М. Grippo и соавт. исследовали данный факт и ввели новое понятие «поток энергии», который учитывает скорость движения зонда/световода и в результате отражает реальное время облучения – $F=f(P, T, V)$. Стало понятным, почему при одинаковом времени воздействия, мощности и, следовательно, общей энергии, поток энергии и, как следствие, результат операции могут быть различными [6].

Авторами были разработаны новые протоколы лечения, которые стандартизируют параметры операции на основе соблюдения скорости движения зонда/световода – количество проходов и время на один проход с достижением потока энергии $F=121 \text{ Дж/см}^2$ [7]. В резуль-

тате стандартизации удалось добиться стабильных прогнозируемых результатов мЦФК с успехом в 82% случаев [8]. В дальнейшем возникло предположение, что увеличение потока энергии F при сохранении безопасной общей энергии позволит дополнительно улучшить результаты мЦФК.

ЦЕЛЬ

Оценка безопасности и эффективности различных параметров лазерной энергии при выполнении мЦФК у пациентов с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находились 177 пациентов (101 мужчина и 76 женщин) в возрасте $73,7 \pm 4,3$ года с развитой (47), далеко зашедшей (130) стадией ПОУГ. Длительность заболевания составляла от 3 до 25 лет (в среднем $13,5 \pm 6,6$ года), у большинства была больше 10 лет. В анамнезе все пациенты перенесли неоднократно антиглаукоматозные лазерные (в среднем $1,3 \pm 0,6$) и хирургические (в среднем $1,78 \pm 0,7$) операции проникающего и непроникающего типа.

Следует отметить, что все пациенты до операции мЦФК находились на максимальном местном гипотензивном режиме (в среднем $3,0 \pm 0,4$ препарата).

До и после операции мЦФК всем пациентам проводилось офтальмологическое обследование, включающее визометрию, тонометрию (пневмо- и по методу Маклакова), биомикроскопию, компьютерную периметрию и оптическую когерентную томографию (ОКТ).

ОКТ заднего отрезка глазного яблока выполняли на приборе ОСТ-2000 3D (Торсон). При обследовании оценивали состояние диска зрительного нерва и макулярной зоны сетчатки: толщину слоя нервных волокон в перипапиллярной зоне, толщину сетчатки в макулярной области.

Таблица 1

Модифицированный протокол мЦФК

Table 1

FThe modified protocol of MP-TSCPC

Параметр	Значение
Мощность, Вт Power, W	2
Рабочий цикл, % Duty cycle, %	31,3
Общее время воздействия, сек Treatment Duration, sec	200
Общая энергия, Дж Total Energy, J	125
Время воздействия на один квадрант, сек Treatment duration per quadrant, sec	50
Количество проходов по квадранту Number of sweeps	5
Время, затраченное на 1 проход, сек Sweep time, sec	10
Скорость движения световода, мм/сек Velocity, mm/sec	2,2
Поток энергии, Дж/см ² Dose Fluence, J/cm ²	121,8

Протокол операции

Для выполнения мЦФК использовался прибор SUPRA 810 (Quantel Medical, Франция). Первоначальный авторский модифицированный протокол операции включал мощность 2 Вт, общее время воздействия 200 сек, скорость движения 2,2 мм/сек (10 сек на 1 квадрант). В итоге общая энергия составляет 125 Дж, поток энергии – 122 Дж/см² (табл. 1).

Значения общей энергии и потока энергии (F) при данном протоколе можно повышать различными способами – увеличить общее время воздействия, уменьшить скорость прохода, увеличить мощность. Для сохранения стандартных привычных манипуляций был выбран вариант увеличения мощности – с 2 до 2,5 Вт. В итоге по разнице между потоками энергии сформировали две группы пациентов:

- 1-я группа – исходный протокол (117 пациентов) – мощность 2 Вт, общее время воздействия 200 сек, скорость движения 2,2 мм/сек (10 сек на 1 квадрант). В итоге общая энергия составляет 125 Дж, поток энергии – 122 Дж/см²;
- 2-я группа – протокол с увеличенной энергией (60 пациентов) – мощность 2,5 Вт, общее время воздействия 200 сек, скорость движения 2,2 мм/сек (10 сек на 1 квадрант). В итоге общая энергия составляет 150 Дж, поток энергии – 152 Дж/см².

Указанные параметры находятся в безопасной и эффективной зоне значений лазерной энергии при проведении мЦФК.

Данные анамнеза, предоперационные значения проведенных исследований, включая максимальную скорректированную остроту зрения (МКОЗ), внутриглазное давление (ВГД), а также количество используемых гипотензивных препаратов в группах исследования обобщены в таблице 2.

Как представлено в таблице 2, обе группы были сравнимы по распределению по стадиям глаукомы, по МКОЗ и исходному ВГД.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходя из данных предоперационного обследования, всем 177 пациентам были определены показания к проведению мЦФК. Протокол наблюдения за оперированными пациентами включал осмотр и обследования на 1-й, 7-й день и далее через 1, 3, 6, 9, 12 месяцев после операции.

Течение операции и послеоперационного периода у всех больных проходило спокойно, осложнений не отмечено. За весь период наблюдения МКОЗ у пациентов с развитой и далеко зашедшей стадией заболевания оставалась на дооперационном уровне, составив в среднем

Таблица 2

Предоперационные показатели обеих групп больных (n=177)

Table 2

Preoperative data in two groups of patients (n=177)

Параметр Parameter	1-я группа 1st group (n=117)		2-я группа 2nd group (n=60)	
	II стадия moderate stage (n=29)	III стадия advanced stage (n=88)	II стадия moderate stage (n=18)	III стадия advanced stage (n=42)
Возраст, лет Age, years	64,5±8,7	73,8±8,2	67,2±9,7	75,8±6,8
Количество А/г операций Number of A/G surgeries	1,7±0,6	2,1±0,4	1,2±0,5	2,05±0,4
МКОЗ BCVA	0,71±0,14	0,43±0,12	0,8±0,2	0,4±0,2
Исходное ВГД, мм рт.ст. Baseline IOP, mm Hg	27,4±8,7	30,1±7,7	28,2±5,1	28,2±5,6
Кол-во препаратов Number of drugs	2,7±0,3	2,89±0,4	2,6±0,9	3,1±0,7

при развитой стадии 0,75±0,12, а при далеко зашедшей – 0,41±0,16 (табл. 3).

По данным таблицы 2 видно, что распределение МКОЗ до и после операции в группах было сравнимо и не изменялось в течение периода наблюдения.

Значимых изменений в полях зрения и параметрах диска зрительного нерва и сетчатки по данным ОКТ также не выявлено.

Для оценки совокупного успеха лазерного лечения после операции использовался статистический метод Каплана – Майера [9], в котором основными параметрами послеоперационного успеха определяют: показатели ВГД между 6 и 25 мм рт.ст. с местным гипотензивным средством или без него; снижение ВГД на 20% и более от базового ВГД для любых 2 последовательных посещений после 3 послеоперационных месяцев;

Таблица 3

МКОЗ до и после МЦФК (n=177)

Table 3

BCVA before and after MS-TSCPC (n=177)

Группа Group	Стадия глаукомы Glaucoma stage	Острота зрения Visual acuity	
		до операции pre-op.	через 12 месяцев after 12 months
1-я группа, 1st group (n=117)	Развитая Moderate (n=29)	0,70±0,14	0,71±0,08
	Далекозашедшая Advanced (n=88)	0,42±0,10	0,41±0,12
2-я группа, 2nd group (n=60)	Развитая Moderate (n=18)	0,72±0,15	0,71±0,08
	Далеко зашедшая Advanced (n=42)	0,42±0,05	0,41±0,14

Примечание: статистически значимых изменений МКОЗ за период наблюдения не выявлено (p>0,05).

Note: statistically significant changes in BCVA during the observation period were not revealed (p>0.05).

Таблица 4

Динамика изменения ВГД (мм рт.ст.) до и после мЦФК

Table 4

IOP (mm Hg) changes before and after MP-TSCPC

Группа Group	ВГД (мм рт.ст.), сроки наблюдения IOP (mmHg), observation period				
	до операции pre-op.	1 месяц 1 month	3 месяца 3 month	6 месяцев 6 month	12 месяцев 12 month
1-я группа 1 st group (n=117)	28,4±8,2	16,6±7,7* (41,5%)	17,4±6,2* (38,7%)	19,1±6,0* (32,8%)	19,5±6,5* (31,3%)
2-я группа 2 nd group (n=60)	28,1±7,8	15,6±2,1* (44,4%)	16,2±3,5* (42,5%)	16,4±3,2* (41,6%)	17,4±3,5* (38,1%)

Примечание. * – различия ВГД до операции и в сроки наблюдения значимы ($p<0,05$).

Note. * – differences in IOP before surgery and during follow-up period are significant ($p<0,05$).

отсутствие осложнений и отсутствие необходимости в дополнительной хирургии глаукомы, за исключением мЦФК.

Сравнительный анализ полученных результатов показал (табл. 4), что компенсация ВГД во 2-й группе наступила у 95% (57 из 60 больных) в течение 12 месяцев наблюдения в отличие от результатов, полученных после лечения 117 больных в 1-й группе, где компенсация отмечена в 87,1% случаев (102 пациента).

Кроме того, гипотензивный эффект во 2-й группе в течение всего срока наблюдения после мЦФК во всех группах больных был более выраженным, чем после проведения процедуры в 1-й группе, однако разница в гипотензивном эффекте была не достоверна ($p>0,05$).

Снижение ВГД при развитой стадии составило через 3 месяца 42,6% против 39,2% при плотности потока энергии 121,8 Дж/см², при далеко зашедшей стадии – 42,5% против 37,8%. Анализ результатов показал, что уровень снижения ВГД сравним при мощности 2,0 и 2,5 Вт (разница не достоверна, $p>0,05$). В сроки наблюдения 12 месяцев гипотензивный эффект в обеих группах оставался выраженным: 31,3 и 38,1% соответственно.

Количество применяемых гипотензивных капель снизилось в обеих группах пациентов и составило к 12 месяцам наблюдения в 1-й группе 2,3±0,5, во 2-й группе 2,3±0,9, что также было сравнимо (достоверной разницы не выявлено, $p>0,05$).

Полученные данные показали, что во 2-й группе, где плотность потока была выше, выраженный гипотензивный эффект через 12 месяцев позволил уменьшить количество применяемых препаратов у пациентов с развитой стадией глаукомы в большей степени, чем у пациентов с аналогичной стадией в 1-й группе (табл. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Для лечения глаукомы в последние годы была разработана методика транссклеральной мЦФК, при которой с помощью лазера с длиной волны (810 нм) осуществляется серия повторяющихся коротких импульсов лазерной энергии со стандартным рабочим циклом 31,3% [9]. Такой характер доставки энергии, используемый в мЦФК, не приводит к развитию коагуляционного некроза и потенциально снижает частоту осложнений [11].

Данные литературы и собственные результаты показывают эффективность и безопасность мЦФК при лечении глаукомы разных стадий [5, 7, 10]. С момента выхода первой рецензируемой публикации о мЦФК в 2010 г. и до настоящего времени многими авторами используются различные комбинации параметров лазерного лечения с отличающимися клиническим результатом по степени гипотензивного эффекта, его длительности и безопасности процедуры.

Энергия, передаваемая на структуры цилиарного тела с помощью микроимпульсного лазера, характеризуется следующими параметрами:

Мощность. Стандартно устанавливается на уровне 2000 мВт, но в нескольких исследованиях использовалась мощность до 2500 мВт/см².

Рабочий цикл. Данный параметр рекомендуется использовать в значении 31,3%. Существует возможность уменьшить рабочий цикл до 25%, но в сравнительном исследовании этих двух значений обнаружено, что рабочий цикл 31,3% более эффективный.

Время лазерного воздействия. По данным литературы, общая продолжительность колебалась от 100 до 360 сек.

Таблица 5

Количество применяемых гипотензивных средств (n=177)

Table 5

Number of glaucoma drops (n=177)

Группа Group	Стадия глаукомы Glaucoma stage	Количество гипотензивных препаратов (ГП) Number of glaucoma drugs		
		до операции pre-op.	через 12 месяцев after 12 months	p
1-я группа 1 st group (n=117)	Развитая Moderate (n=29)	2,7±0,3	2,2±0,3	<0,05
	Далеко зашедшая Advanced (n=88)	2,89±0,4	2,4±0,3	<0,05
2-я группа 2 nd group (n=60)	Развитая Moderate (n=18)	2,6±0,9	1,9±1,1	<0,05
	Далеко зашедшая Advanced (n=42)	3,1±0,7	2,7±0,7	<0,05

Скорость прохода лазерным наконечником по полусфере глазного яблока в зоне предполагаемого воздействия. Учитывается она как время одного полного прохода или, иначе, одной экскурсии (в литературе колеблется от 10 до 60 сек). В соответствии с планируемой общей продолжительностью (временем) и скоростью прохода варьирует и количество проходов (от 2 до 16) [1, 2, 5, 6, 8].

Использование различных параметров лазера приводило к сложностям не только в оценке полученных результатов, но и в определении тактики ведения пациентов в зависимости от стадии глаукомы. Имеются ограниченные данные о поиске параметров мЦФК, обеспечивающих хороший баланс между эффективностью и безопасностью.

Пытаясь обосновать оптимальные параметры, F.G. Sanchez и соавт., основываясь на экспериментальном исследовании M.A. Johnstone и соавт. и на обзоре клинических результатов, опубликованных в литературе с 2015 по 2018 г., предположили, что эффект снижения ВГД положительно коррелирует с продолжительностью лечения и, следовательно, с общей энергией [5, 12]. Клинические исследования показали, что многими хирургами использовалась разная энергия. Данные значения колебались от 62 Дж (общее время 100 сек) до 225 Дж (общее время 360 сек). Данная вариабельность исходных данных предопределила поиск корреляций с послеоперационным эффектом и позволила разделить значения уровней энергии на низкие, средние и высокие.

На основе этих наблюдений, F.G. Sanchez и соавт. предложили гипотезу, что доставляемая энергия с наи-

лучшим профилем безопасности/эффективности находится в пределах от 112 до 150 Дж [5]. Использование энергии в рамках данных значений показало умеренное снижение ВГД примерно на 35% в сроке наблюдений до 15 месяцев с небольшими осложнениями или без них. Уровни энергии ниже 100 Дж не вызывали побочных эффектов, но приводили к меньшему снижению ВГД и более короткому сроку действия эффекта. Напротив, при уровнях энергии выше 200 Дж (320 сек × 2 Вт × 31,3% рабочий цикл) сообщалось о более значительном снижении ВГД и высоких рисках послеоперационных осложнений. Проведенное исследование показало, что существует «дозозависимая» линейная связь между длительностью проведенного лечения при сохранной мощности лазера и уровнем снижения ВГД.

T.M. Grippo и соавт. предложили использовать более надежный индикатор клинических результатов по сравнению с общей энергией. Согласно данной работе, новый параметр учитывает не только мощность лазера, но и скорость прохождения зонда по поверхности полусферы глазного яблока и количество таких проходов. Таким показателем стал «поток энергии» как метрическая единица плотности лазерной энергии, доставляемой к структурам глазного яблока [6].

Принципиальное значение использования потока энергии в том, что этот показатель объединяет в себе параметры лазера: мощность, рабочий цикл, общее время воздействия, а также площадь поверхности зонда и скорость движения и выражается в Дж/см².

S. Sarrafroug и соавт. в своих исследованиях также подтвердили взаимосвязь «доза–ответ» при использовании данного метода. В своей работе S. Sarrafroug и соавт. наблюдали 43 глаза пациентов с различными формами глаукомы после мЦФК. Срок наблюдения составил более года. При применении мЦФК общая энергия лазерного воздействия варьировала в зависимости от вида заболевания. Авторы использовали в своем исследовании различную мощность 2 и 2,5 Вт. Исследователи отметили через год более высокий гипотензивный эффект (57% от исходного) при использовании мощности лазера 2,5 Вт по сравнению с послеоперационным гипотензивным эффектом 30% при мощности 2 Вт [11].

На основе данных литературы и собственных исследований, было установлено, что количество применяемой лазерной энергии определяет гипотензивный послеоперационный эффект мЦФК, а также продолжительность этого эффекта. При общих энергетических параметрах от 150 до 200 Дж получается наиболее сбалансированный гипотензивный эффект с ограничением побочных эффектов от процедуры [2, 6, 8, 13, 14].

Анализ собственных результатов показал, что во всех 177 случаях отсутствовали осложнения операции и послеоперационного периода, функциональные результаты были стабильны: МКОЗ у пациентов с развитой и далеко зашедшей стадией заболевания за весь период наблюдения оставалась на дооперационном уровне, а параметры диска зрительного нерва и сетчатки, по данным ОКТ, остались в тех же значениях.

Течение операции и послеоперационного периода у всех больных проходило спокойно. Гипотензивный эффект наблюдался у всех пациентов на ранних сроках наблюдения. Через 6 месяцев наблюдения отмечалось снижение ВГД в обеих группах, соответственно на 32,8 и 41,6% от исходного уровня. Кроме того, количество применяемых гипотензивных капель значимо снизилось в среднем с $3,0 \pm 0,4$ до $2,3 \pm 0,6$ без назначения дополнительных препаратов, а функциональные результаты по данным обследования были стабильны. Ни в одном случае не потребовалось проведения иного антиглаукомного хирургического вмешательства. Таким образом, полученные результаты в анализируемых группах больных соответствуют анализу Каплана – Майера по эффективности успеха проведенного лечения [9].

По данным, полученным при сравнении по шкале Каплана – Майера двух групп пациентов, положительный результат через 12 месяцев наблюдения лучше показала 2-я группа пациентов с плотностью потока энергии 152 Дж/см². Положительный результат был достигнут в 95% случаев против 87,1% у пациентов в 1-й группе с плотностью потока энергии 121,8 Дж/см². Разница между успешным процентом послеоперационного гипотензивного эффекта пока не показала достоверности ($p > 0,05$), однако при проведении сравнения по критериям шкалы Каплана – Майера преимущество по всем параметрам демонстрирует лазерный протокол (2,5 Вт; 150

Дж; 152 Дж/см²) у пациентов во 2-й группе. Показатели ВГД в сроки от 1 до 12 месяцев во 2-й группе были от $15,6 \pm 2,1$ до $17,4 \pm 3,5$ мм рт.ст. в сравнении с 1-й группой – от $16,6 \pm 7,7$ до $19,6 \pm 6,5$ мм рт.ст. с местным гипотензивным средством или без него; снижение ВГД от базового – 38,1–44,4% во 2-й группе и 31,3–41,5% в 1-й группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов показал, что мЦФК у пациентов с ПОУТ с плотностью потока энергии 121,8 Дж/см² (общая энергия 125 Дж) и 152 Дж/см² (общая энергия 150 Дж) – эффективный и безопасный метод лечения.

Применение параметров успеха по шкале Каплана – Майера выявило, что проведение мЦФК с лазерной энергией 150 Дж оказалось более эффективно, чем с 125 Дж. В 1-й группе успех операции отмечен у 102 (87,1%) из 117 пациентов до 12 месяцев наблюдения. Во 2-й группе мЦФК у 60 пациентов с большей энергией воздействия (150 Дж) привело к долгосрочному гипотензивному эффекту у 57 (95%) из 60 больных в течение 12 месяцев наблюдения на фоне сохранения высокого уровня безопасности.

Возможен пересмотр базовых параметров процедуры мЦФК на новые показатели энергии: общая энергия до 150 Дж при плотности потока $F=152$ Дж/см², мощности 2,5 Вт. Необходимо отметить, что в данном протоколе соблюдается безопасный диапазон общей энергии (от 100 до 150 Дж), одновременно достигается выраженный и длительный по времени гипотензивный эффект у пациентов с различными стадиями глаукомы.

Необходимо дальнейшее наблюдение за результатами мЦФК у пациентов с ПОУТ для оценки эффективности различных параметров лазерной энергии в отдаленном периоде.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Nguyen AT, Maslin J, Noecker RJ. Early results of micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Eur J Ophthalmol*. 2020;30(4): 700–705. doi: 10.1177/1120672119839303
2. Varikuti VNV, Shah P, Rai O, Chaves AC, Miranda A, Lim BA, Dorairaj SK, Sieminski SE. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in eyes with good central vision. *J Glaucoma*. 2019;28(10): 901–905. doi: 10.1097/IJG.0000000000001339
3. Boland MV, Chang DS, Frazier T, Plyler R, Friedman DS. Electronic monitoring to assess adherence with once-daily glaucoma medications and risk factors for nonadherence: the automated dosing reminder study. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(7): 838–844. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.856
4. Emanuel ME, Grover DS, Fellman RL, Godfrey DG, Smith O, Butler MR, Kornmann HL, Feuer WJ, Goyal S. Micropulse® cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma. *J Glaucoma*. 2017;26(8): 726–729. doi: 10.1097/IJG.0000000000000715
5. Sanchez FG, Lerner F, Sampaulesi J, Noecker R, Becerra N, Iribarren G, Grippo TM. Efficacy and safety of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in glaucoma. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)*. 2018;93(12): 573–579. doi: 10.1016/j.oftal.2018.08.003
6. Grippo TM, Sanchez FG, 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. doi: 10.2147/OPHTH.S313875

7. Патент РФ на изобретение № 2780277 / 21.09.2022. Бюл. № 27. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Способ проведения микроимпульсной трансклеральной циклофотокоагуляции при рефрактерной глаукоме. Доступно по: <https://patenton.ru/patent/RU2780277C1?ysclid=llwuvva08qd198319353> [Ссылка активна на 30.08.2023]. [Patent RUS № 2780277 / 21.09.2022. Byul. № 27. Ioshin IE, Tolchinskaya AI, Maksimov IV, Rakova AV. Method for micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. Available from: <https://patenton.ru/patent/RU2780277C1?ysclid=llwuvva08qd198319353> [Accessed 30th August 2023] (In Russ.)]

8. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Модифицированный протокол микроимпульсной циклофотокоагуляции с учетом потока лазерной энергии. Российский общенациональный офтальмологический форум. 2022;1: 247–250. [Ioshin IE, Tolchinskaya AI, Maksimov IV, Rakova AV. Modified protocol of micropulse cyclophotocoagulation taking into account the flow of laser energy. Russian National Ophthalmological Forum. 2022;1: 247–250. (In Russ.)]

9. Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations. J Amer Statist Assoc. 1958;53(282): 457–481. doi: 10.2307/2281868. JSTOR 2281868

10. Aquino MC, Barton K, Tan AM, Sng C, Li X, Loon SC, Chew PT. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. Clin Exp Ophthalmol. 2015;43(1): 40–46. doi: 10.1111/ceo.12360

11. Sarrafpour S, Saleh D, Ayoub S, Radcliffe NM. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a look at long-term effectiveness and outcomes. Ophthalmol Glaucoma. 2019;2(3): 167–171. doi: 10.1016/j.ogla.2019.02.002

12. Johnstone MA, Song S, Padilla S, Wen K, Xin C, Wen JC, Martin E, Wang RK. Microscope real-time video, high-resolution OCT & histopathology to assess how transscleral micropulse laser affects the sclera, ciliary body, muscle, secretory epithelium, suprachoroidal space & aqueous outflow system. The Association for Research in Vision and Ophthalmology. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2019;60(9): 2825.

13. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovingo M, Töteberg-Harms M, Francis BA, Jerkins B, Brubaker JW, Radcliffe N, An J, Noecker R. Evidence-based consensus guidelines series for micropulse transscleral laser therapy: dosimetry and patient selection. Clin Ophthalmol. 2022;16: 1837–1846. doi: 10.2147/OPTH.S365647

14. 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.

Информация об авторах

Игорь Эдуардович Иошин, д.м.н., профессор, igor.ioshin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

Анна Владимировна Ракова, к.м.н., врач-офтальмолог, ranetka2004@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-8716>

Иван Васильевич Максимов, врач-офтальмолог, docmaksimov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

Елена Александровна Березенко, врач-офтальмолог, elenamolchanova@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

Information about the authors

Igor' E. Ioshin, Doctor of Sciences in Medicine, Professor, igor.ioshin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

Anna V. Rakova, PhD in Medicine, Ophthalmologist, ranetka2004@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9086-8716>

Ivan V. Maksimov, Ophthalmologist, docmaksimov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

Elena A. Berezenko, Ophthalmologist, elenamolchanova@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

Вклад авторов в работу:

И.Э. Иошин: существенный вклад в концепцию и дизайн работы, написание текста, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

А.В. Ракова: сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

И.В. Максимов: сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных.

Е.А. Березенко: сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных.

Authors' contribution:

I.E. Ioshin: significant contribution to the concept and design of the work, writing, editing, final approval of the version to be published.

A.V. Rakova: collection, analysis and processing of material, statistical data processing, writing.

I.V. Maksimov: collection, analysis and processing of material, statistical data processing.

E.A. Berezenko: collection, analysis and processing of material, statistical data processing.

Финансирование: Автор не получал конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

Funding: The author have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

Поступила: 06.06.2023

Переработана: 22.07.2023

Принята к печати: 31.08.2023

Originally received: 06.06.2023

Final revision: 22.07.2023

Accepted: 31.08.2023