

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>



Микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы

Н.С. Ходжаев, А.В. Сидорова, А.В. Старостина, М.А. Елисеева

ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

Непредсказуемость гипотензивного эффекта и ряд серьезных осложнений при проведении непрерывно-волновой циклофотокоагуляции (ЦФК) ограничивают применение данной операции в лечении глаукомы, что привело к разработке нового подхода, известного как микроимпульсная транссклеральная ЦФК (мЦФК). При мЦФК в цилиарное тело (ЦТ) доставляется серия повторяющихся коротких импульсов лазерной энергии с длиной волны 810 нм, которая хорошо поглощается меланином. В экспериментальных исследованиях показано, что снижение внутриглазного давления при мЦФК происходит благодаря действию нескольких механизмов. В клинических исследованиях у пациентов с различными формами и стадиями глаукомы при проведении мЦФК использовались схожие параметры лазерной энергии. Сделан вывод, что мЦФК является безопасной и эффективной альтернативой традиционной ЦФК. Однако при увеличении продолжительности лазерного воздействия на ЦТ увеличивается и количество осложнений. Неоднородность исходных форм глаукомы у пациентов, которым проводилась мЦФК, а также относительно небольшие размеры выборки в представленных исследованиях пока не позволяют сделать однозначные выводы, необходимо расширенное изучение данного метода лечения.

Ключевые слова: глаукома; микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция; обзор литературы; безопасность; эффективность

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В., Елисеева М.А. Микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы. Российский офтальмологический журнал. 2020; 13 (2): 105–11.

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>

Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma

Nazrulla S. Khodzhaev, Alla V. Sidorova, Anna V. Starostina, Maria A. Eliseeva

S.N. Fyodorov Eye Microsurgery NMRC, 59a, Beskudnikovsky Bulvar, Moscow, 127486, Russia
nshkhodzhaev@mail.ru

Because of the unpredictable hypotensive effect and serious complications during continuous-wave cyclophotocoagulation (CW-CPC), the use of this method in the treatment of glaucoma is limited. Therefore, a new technique was developed, known as micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation (MP-CPC). During MP-CPC, a series of short bursts of laser pulses deliver energy to the ciliary body at the near-infrared wavelength of 810 nm, which is strongly absorbed by melanin. As shown by experimental studies, there are several acting mechanisms which reduce IOP decrease during MP-CPC. In clinical studies, patients with different forms and stages of glaucoma received laser energy of similar parameters during MP-CPC. It may be concluded that MP-CPC is a safe and effective alternative to traditional CW-CPC. However if laser irradiation directed to the ciliary body during MP-CPC gets longer, the incidence of complications increases. The variation of glaucoma forms in patients who underwent MP-CPC and a relatively small number of cases involved in the studies prevent us from making an unambiguous recommendation of this technique at the moment. An extensive research of the technique is required.

Keywords: glaucoma; micropulse transscleral cyclophotocoagulation; literature review; safety; efficiency

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: 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): 105–11 (In Russian).

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>

Глаукома — одно из наиболее распространенных заболеваний органа зрения, ведущих к слепоте и слабовидению во всем мире [1, 2]. Несмотря на успехи, достигнутые в ранней диагностике и лечении данной патологии, в последнее время увеличивается число обращений пациентов с тяжелыми формами глаукомы, трудно поддающимися традиционному лечению [1]. Причем в 45 % случаев глаукома впервые выявляется уже на далеко зашедшей и терминальной стадиях [3, 4]. Хирургическое лечение глаукомы с созданием дополнительных путей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ) у пациентов на терминальной стадии нецелесообразно в связи с имеющимися органическими изменениями в строении структур переднего отрезка глаза [5, 6]. Когда проникающие методы лечения глаукомы являются бесперспективными, приоритетным направлением в стабилизации офтальмогипертонуса и снятии болевого синдрома является проведение циклодеструктивных операций, в частности циклофотокоагуляции (ЦФК) [7–9].

В последнее десятилетие транссклеральная непрерывно-волновая диодлазерная ЦФК стала наиболее применяемой методикой в лечении терминальной болящей глаукомы благодаря простоте, неинвазивности и низкой стоимости аппаратуры. В многочисленных исследованиях доказана возможность снижения внутриглазного давления (ВГД), сохранения остаточных зрительных функций и глаза как органа [7, 10–12]. Применение ЦФК направлено на снижение продукции ВГЖ вследствие частичной атрофии цилиарного тела (ЦТ) и его отростков. Однако, несмотря на неоспоримые преимущества метода, не всегда удается добиться прогнозируемых результатов, что обусловлено отягощенным анамнезом больных и наличием исходной атрофии ЦТ различной степени у пациентов с терминальной глаукомой [5, 6]. Проведение традиционной ЦФК может сопровождаться развитием различных послеоперационных осложнений, таких как реактивный иридоциклит с частотой выявления до 75,5 %, гифема — 3,3–11,4 %, гемофтальм — 0,5–4 %, увеит — 10–19 %, а также гипотония — 0,8–18 % с переходом в субатрофию глазного яблока — 0,8–3,5 % [6, 8, 10, 13–16]. Отмеченные осложнения могут быть связаны с передозировкой лазерной энергии при проведении непрерывно-волновой ЦФК [5, 6, 13, 16].

Непредсказуемость гипотензивного эффекта и ряд серьезных осложнений ограничивают широкое применение данной операции в лечении терминальной глаукомы, поэтому этот метод лечения часто используется в качестве средства последнего выбора. В связи с этим на протяжении длительного времени оставался актуальным поиск оптимального метода лечения терминальной и далеко зашедшей стадий глаукомы, целью которого было сведение к минимуму риска развития послеоперационных осложнений, в частности атрофии ЦТ с последующей субатрофией глазного яблока, и при этом достижение стабилизации ВГД с устранением болевого синдрома. Ограничение традиционных методов ЦФК привело к разработке нового подхода, известного как микроимпульсная транссклеральная ЦФК (мЦФК).

В настоящее время технология мЦФК становится популярна. Существует несколько приборов для ее проведения. Компания IRIDEX (США) впервые выпустила на рынок инфракрасный диодный лазерный фотокоагулятор IQ 810 Laser System, предназначенный для коагуляции сетчатки, лазерной трабекулопластики, транссклеральной ЦФК, фотокоагуляции сетчатки и иридотомии. Система IQ 810 с длиной волны 810 нм может работать в режимах CW-Pulse, LongPulse, а также MicroPulse, что позволяет использовать

его для мЦФК. Однако данный лазер наиболее часто используется для лечения патологий сетчатки.

Революцию в лазерном транссклеральном лечении глаукомы произвел запатентованный прибор Cyclo G6 Laser System (IRIDEX, США) с длиной волны 810 нм, который стал новым шагом в технологии мЦФК. В данном устройстве используется технология MicroPulse, рабочий цикл лазерного воздействия составляет 31,3 %. Это означает, что 68,7 % времени лазер выключен из работы, благодаря чему снижается фокальное перегревание и риск чрезмерной деструкции тканей ЦТ. Данная система предназначена для проведения ЦФК в микроимпульсном режиме при помощи специального наконечника MicroPulse P3 (MP3). Техника скольжения наконечника MP3 приводит к медленному выборочному и тем самым более устойчивому и безопасному воздействию лазерной энергии на структуры ЦТ. Прибор позволяет устанавливать различные параметры скважности, мощности и времени воздействия, что делает его наиболее удобным в использовании при проведении мЦФК. Официальные показания для использования данного прибора включают первичную открытоугольную глаукому, закрытоугольную глаукому и рефрактерную глаукому.

При проведении ЦФК в микроимпульсном режиме используется специальный настроенный зонд, который доставляет серию повторяющихся коротких импульсов лазерной энергии в ЦТ в два цикла: «включения» и «выключения». Во время цикла «включения» импульсы света, излучаемые при длине волны 810 нм, избирательно поглощаются меланином в пигментном слое ресничного эпителия, накапливая тепловую энергию в пигментированных тканях. При этом беспигментный эпителий ЦТ, ответственный за выработку ВГЖ, не подвергается чрезмерному лазерному воздействию благодаря своему низкому порогу поглощения тепловой энергии. Во время цикла «выключения» смежные структуры также позволяют охлаждаться участкам ЦТ, которые были подвержены тепловому воздействию, тем самым защищая их от чрезмерного термического повреждения [17–21].

Кроме того, тепловое воздействие на ЦТ активирует определенные клеточные биохимические каскады, в частности воспалительную реакцию, индуцированную простагландинами, увеличивая проницаемость клеточных мембран в тканях ЦТ [17, 22, 23]. В 2016 г. проф. J. Maslin и соавт. провели исследование гистологических структур ЦТ после проведения непрерывно-волновой и мЦФК на кадаверных глазах. При мЦФК использовались параметры лазерного воздействия с мощностью 2000 мВт, экспозицией 60–90 с и рабочим циклом 31,3 %. При мЦФК отмечено более щадящее воздействие лазера на клеточную мембрану тканей ЦТ с изменением ее проницаемости. После прекращения воздействия лазера наблюдалось ее быстрое восстановление с менее значительным повреждением структур ЦТ, чем после традиционной непрерывно-волновой ЦФК [24].

Было сделано также предположение о «пилокарпиновом эффекте» как одном из механизмов действия мЦФК. В 2018 г. в рамках экспериментального исследования было изучено влияние лазерного воздействия при мЦФК на цилиарную мышцу. Исследователи выявили, что лазерная энергия, воздействуя на цилиарную мышцу, приводит к ее временному спазму, так называемому «пилокарпиновому эффекту». При сокращении мышечных волокон размеры ЦТ уменьшаются, что приводит к смещению склеральной шпоры в заднем и внутреннем направлении, увеличению увеосклерального оттока и улучшению эвакуации ВГЖ. При

прекращении лазерного воздействия размеры ЦТ постепенно восстанавливаются до исходных значений за счет постепенного расслабления цилиарной мышцы. Наиболее длительный спазм ЦТ наблюдался при уровне лазерного воздействия при мЦФК более 150 Дж. Постепенное уменьшение скорости расслабления ЦТ наблюдалось по мере увеличения уровня мощности лазерного воздействия. Полное расслабление ЦТ (отсутствие пилокарпиноподобного эффекта) наблюдалось при наиболее низком уровне энергии (менее 62 Дж). Исходя из этого, исследователи предположили, что для наиболее полного достижения «пилокарпинового эффекта» при проведении мЦФК уровень энергии должен находиться в пределах 150 Дж [25].

Таким образом, снижение ВГД при мЦФК происходит благодаря действию нескольких механизмов. Технология микроимпульсного воздействия позволяет доставлять лазерную энергию в локализованную область с минимальным коллатеральным повреждением тканей, что снижает риск послеоперационных осложнений без ущерба эффективности снижения ВГД.

Поскольку мЦФК является относительно новым методом лечения, нет четких указаний, какие оптимальные параметры лазерной энергии позволяют обеспечить наилучший баланс между высокой эффективностью операции и минимальными побочными реакциями. В связи с этим F. Sanchez и соавт. в 2018 г. провели анализ работ, посвященных мЦФК, опубликованных с 2015 по 2018 г. В связи со значительным разбросом параметров установок лазера для проведения мЦФК в имеющихся исследованиях при анализе данных и для более удобной оценки технологии общая энергия лазерного воздействия была переведена в более универсальную единицу измерения — Джоуль (Дж) = мощность в ваттах (Вт) — общая продолжительность обработки в секундах (с) — цикл включения (31,3 %). Это исключило другие потенциальные переменные из уравнения, такие как скорость лазерного воздействия и расстояние позиционирования зонда от лимба. Мощность лазерного воздействия была поделена на три уровня: высокий — с мощностью 200–225 Дж, средний — 112–140 Дж и низкий уровень энергии < 100 Дж. При использовании относительно низкого уровня энергии снижение ВГД варьировало в пределах 30 % с наименьшим количеством осложнений, но при этом во многих случаях для поддержания гипотензивного эффекта потребовалось выполнение более одного сеанса мЦФК. При средней мощности лазерного воздействия наблюдалось умеренное снижение офтальмотонуса, в среднем на 30 % от исходного уровня, при уменьшении или отсутствии осложнений. При применении высоких уровней лазерной энергии эффективность снижения ВГД была наиболее высокая и составляла более 45 %. При этом выявлено увеличение количества осложнений, что может свидетельствовать о том, что при увеличении параметров лазерного воздействия при мЦФК прямо пропорционально возрастает уровень повреждения ЦТ [20, 24–26].

Полученные данные указывают на оптимальный баланс эффективности и безопасности операции при цифрах лазерной энергии, варьирующей в диапазоне от 112 до 150 Дж [27]. Выполнение мЦФК при таких показателях суммарной лазерной энергии приводит к умеренному снижению ВГД с минимальным уровнем повреждения ЦТ и, как следствие, снижением количества осложнений или их отсутствием [17, 19, 27–32].

В рандомизированном исследовании M. Aquino и соавт. в 2015 г. сравнивались результаты проведения микроимпульсной и непрерывно-волновой ЦФК у 48 пациентов

(угол передней камеры открыт, средней ширины, пигментация шлеммова канала умеренная). Для проведения мЦФК использовался прибор Cyclo G6 Laser System (IRIDEX, США) с мощностью лазерного воздействия 2000 мВт и экспозицией 100 с. Через 18 мес в обеих группах снижение ВГД в среднем составляло 45 % от исходного уровня. Большой процент осложнений наблюдался после проведения непрерывно-волновой ЦФК — 0 % против 12 % в группе после проведения мЦФК. Длительная гипотония наблюдалась только после проведения непрерывно-волновой ЦФК. Отсутствие таких случаев в группе после мЦФК может быть объяснено относительно минимальным повреждением ЦТ. По результатам данного исследования авторы обнаружили сходную эффективность двух методов лечения с точки зрения снижения ВГД, но с меньшим количеством осложнений после мЦФК [28] (табл. 1).

Среди зарубежных исследований можно выделить те, которые были направлены на изучение мЦФК на приборе Cyclo G6 Laser System с наконечником MP3 (IRIDEX, США). В ряде исследований у пациентов с различными формами и стадиями глаукомы при проведении мЦФК использовались схожие параметры лазерной энергии. Мощность лазерного воздействия варьировала от 2000 до 2500 мВт при экспозиции 100–180 с. В разные периоды наблюдения (от 1 до 21,5 мес) среднее снижение ВГД составило 28,2–45 % от исходного уровня, среднее количество гипотензивных препаратов при этом было уменьшено на 0,2–0,9. Послеоперационной гипотонии не наблюдалось. По результатам исследований был сделан вывод о том, что мЦФК является эффективным и безопасным методом снижения ВГД [20, 22, 27–32] (см. табл. 1).

В 2018 г. A. Williams и соавт. провели ретроспективное исследование, включающее 79 пациентов (79 глаз) с рефрактерной глаукомой, которым была проведена мЦФК со средней продолжительностью лазерного воздействия 300 с при мощности 2000 мВт. Через 6 мес наблюдения ВГД снизилось на 51,1 % по сравнению с исходным уровнем. Авторы отметили послеоперационные осложнения, такие как длительное воспаление в передней камере, макулярный отек, отек роговицы, 7 случаев послеоперационной гипотонии с последующей субатрофией глазного яблока в 2 случаях [21] (см. табл. 1).

Аналогичное ретроспективное исследование проведено M. Emanuel и соавт. [26]. У 84 пациентов (84 глаза) были диагностированы различные формы глаукомы. Наиболее часто используемые настройки мощности лазера при мЦФК были 2000 мВт (58,3 %) и 1900 мВт (22,6 %) со средним временем воздействия 319 с. Во всех случаях среднее значение ВГД было снижено на 59,9 % в сравнении с исходным уровнем через 12 мес наблюдения. Эти авторы описали схожую с исследованием A. Williams [21] частоту осложнений (см. табл. 1). Результаты данных исследований показали, что при увеличении продолжительности лазерного воздействия на ЦТ увеличивается и количество осложнений [26].

Стоит отметить зарубежные исследования по изучению эффективности мЦФК на других приборах, в частности на IQ 810 Laser System (IRIDEX, США), в которых мЦФК была проведена пациентам с различными формами и стадиями глаукомы. Использовали среднюю мощность лазерного воздействия 2000–3000 мВт при экспозиции, равной в среднем 100–240 с. Среднее снижение ВГД от исходного уровня составило 29,7–43,1 %, количество гипотензивных препаратов также снизилось в среднем на 0,7–1,6. Отмечено минимальное количество осложнений, послеоперационной гипотонии не наблюдалось [17, 20, 33–36] (табл. 2).

Таблица 1. Результаты проведения мЦФК на приборе Cyclo G6 Laser System с наконечником MP3 (рабочий цикл 31,3 %) (IRIDEX, США)
Table 1. Outcomes of MP-CPC on the device Cyclo G6 Laser System (IRIDEX, USA) with MP3 (duty cycle 31.3 %)

Авторы Authors	Глаукома, формы и стадии Glaucoma, forms and stages	Число глаз Number of eyes	Время наблюдения, месяцы Follow up period, months	Среднее снижение ВГД, % Mean IOP decrease, %	Среднее количество препаратов Mean number of drops		Параметры прибора Treatment settings	Осложнения Complications
					до мЦФК before MP- CPC	после мЦФК after MP-CPC		
H.С. Ходжаев и соавт. [27] N. Khodzhaev, et al. [27]	Терминальная болящая (76 %), вторичная (24 %) Terminal painful (76 %), secondary (24 %)	26	4	28,2	3,0	1,53	Экспозиция — 160 с (80 с на каждую полусферу), мощность — 1800–2000 мВт Time 160 s (80 s per each hemisphere), power 1800–2000 mW	Не наблюдалось No complications
M. Aquino, et al. [28]	Первичная открытоугольная (21 %), первичная закрытоугольная (21 %), неоваскуляр- ная (29 %), вторичная (29 %) Primary open-angle (21 %), primary angle-closure (21 %), neovascular (29 %), secondary (29 %)	48	18	45,0	2,0	1,0	Экспозиция — 100 с (50 × 2 с на каждый квадрант), мощность — 2000 мВт Time 100 s (50 × 2 s per each quadrant), power 2000 mW	Воспаление в передней камере (4 %) Снижение остроты зрения (4 %) Anterior chamber inflammation (4 %) Visual acuity decline (4 %)
M. Gavris, et al. [29]	Рефрактерная Refractory	7	1	33,4	3,7	3,0	Экспозиция — 160–180 с (80–90 с на каждую полусферу), мощность — 2000 мВт Time 160–180 s (80–90 s per each hemisphere), power 2000 mW	Не наблюдалось No complications
R. Noecker [19]	Развитая и далеко зашедшая Mild to moderate	95	12	30,3	3,0	1,4	Экспозиция — 180 с (90 с на каждую полусферу), мощность — 2000–2500 мВт Time 180 s (90 s per each hemisphere), power 2000–2500 mW	Не наблюдалось No complications
J. Lee, et al. [30]	Первичная открытоугольная (44,4 %), неоваскулярная (14,8 %), врожденная (7,4 %), вторичная (33,4 %) Primary open-angle (44.4 %), neovascular (14.8 %), congenital (7.4 %), secondary (33.4 %)	27	12	33,2	3,0	2,52	Экспозиция — 160 с (80 с на каждую полусферу), мощность — 2000 мВт Time 160 s (80 s per each hemisphere) power 2000 mW	Воспаление в передней камере (65 %) Anterior chamber inflammation (65 %)
F. Sanchez, et al. [31]	Преимущественно врожденная и псевдоэкзофол- иативная Mainly congenital and pseudoexfoliative	22	7,9	36,5	3,0	1,5	Экспозиция — 100–180 с (50–90 с на каждую полусферу), мощность — 2000 мВт Time 100–180 s (50–90 s per each hemisphere), power 2000 mW	Не наблюдалось No complications
M. Emanuel, et al. [26]	Первичная открытоугольная (58 %), первичная закрытоугольная (7 %), псевдоэкзофол- иативная (10 %) Primary open-angle (58 %), primary angle-closure (7 %), pseudoexfoliative (10 %)	84	12	59,9	3,3	2,3	Экспозиция — 319 с (160 с на каждую полусферу), мощность — 1900–2000 мВт Time 319 s (160 s per each hemisphere), power 1900–2000 mW	Воспаление в передней камере (46 %), гипото- ния (18 %), подъем ВГД (11 %), гифема (11 %), хориоидит (4 %) Anterior chamber inflammation (46 %), hypotony (18 %), IOP spike (11 %), hyphema (11 %), choroiditis (4 %)
A. Williams, et al. [21]	Рефрактерная Refractory	79	7,8 ± 4,5	51,1	2,3	1,5	Экспозиция — 300 с (150 с на каждую полусферу), мощность — 2000 мВт Time 300 s (150 s per each hemisphere), power 2000 mW	Воспаление в передней камере (26 %), снижение остроты зрения (17 %), гипотония (8,8 %), макулярный отек (5 %), отек роговицы (2,5 %), субатрофия глазного яблока (2,5 %) Anterior chamber inflammation (26 %), visual acuity decline (17 %), hypotony (8.8 %), macular edema (5 %), corneal edema (2.5 %), phthisis bulbi (2.5 %)
S. Sarrafpour, et al. [32]	Первичная открытоугольная (86 %), неоваскуляр- ная (12 %), псевдоэкзофол- иативная (2 %) Primary open- angle (86 %), neovascular (12 %), pseudoexfoliative (2 %)	73	12	45,9	3,1	2,5	Экспозиция — 100 с (50 с на каждую полусферу), мощность — 2000–2500 мВт Time 100 s (50 s per each hemisphere), power 2000–2500 mW	Не наблюдалось No complications

Таблица 2. Результаты проведения мЦФК на других приборах
Table 2. Outcomes of MP-CPC using other devices

Авторы Authors	Глаукома, формы и стадии Glaucoma, forms and stages	Число глаз Number of eyes	Время наблюдения, месяцы Average period, months	Среднее снижение ВГД, % Decrease of IOP, %	Среднее количество капель Number of drops		Параметры прибора Treatment settings	Осложнения Complications
					до мЦФК before MP-CPC	после мЦФК after MP-CPC		
A.Tan, et al. [20]	Рефрактерная Refractory	40	16,3 ± 4,5	38,6	2,1	1,3	Диодный лазер с длиной волны 810 нм в микроимпульсном режиме (Iris Medical Instruments, США), экспозиция — 100 с (50 с на каждую полусферу), мощность — 1900–2000 мВт, рабочий цикл — 31,1 % Diode laser with wavelength 810 nm mode micro pulse (Iris Medical Instruments, USA), time 100 s (50 s per each hemisphere), power 1900–2000 mW, duty cycle 31.1 %	Гифема (17,5 %) Hyphema (17.5 %)
M. Toyos, R. Toyos [33]	Далеко зашедшая (31 %) и терминальная (69 %) Moderate (31 %) and terminal (69 %)	26	12	29,7	3,3	1,8	IQ 810 Laser System (IRIDEX, США), экспозиция — нет данных, мощность — 2000 мВт, рабочий цикл — 31,1 % IQ 810 Laser System (IRIDEX, USA), time — no data, power 2000 mW, duty cycle 31.1 %	Снижение остроты зрения (5,5 %) Visual acuity decline (5.5 %)
S. Kuchar, et al. [17]	Рефрактерная Refractory	19	3	40,1	2,6	1,9	IQ 810 Laser System (IRIDEX, США), экспозиция — 100–240 с (50–120 на каждую полусферу), мощность — 2000 мВт, рабочий цикл — 31,1 % IQ 810 Laser System (IRIDEX, USA), time 100–240 s (50–120 s per each hemisphere), power 2000 mW, duty cycle 31.1 %	Отек роговицы (5,3 %), гипотония (5,3 %) Corneal edema (5.3 %), hypotony (5.3 %)
K. Zaarour, et al. [34]	Первичная открытоугольная (34,7 %), первичная закрытоугольная (8 %), неоваскулярная (5,3 %), ювенильная (1,3 %), вторичная (13,3 %), другие виды (37,4 %) Primary open-angle (34.7 %), primary angle-closure (8 %), neovascular (5.3 %), juvenile (1.3 %), secondary (13.3 %), other (37.4 %)	75	15	43,1	3,53	3,03	IQ 810 Laser System (IRIDEX, США), экспозиция — нет данных, мощность — нет данных, рабочий цикл — нет данных IQ 810 Laser System (IRIDEX, USA), time no data, power no data, duty cycle no data	Воспаление в передней камере (23 %), снижение остроты зрения (14 %) Anterior chamber inflammation (23 %), visual acuity decline (14 %)
A. Yelenskiy, et al. [35]	Первичная открытоугольная (71,5 %), неоваскулярная (4 %), другие виды (24,5 %) Primary open-angle (71.5 %), neovascular (4 %), other (24.5 %)	197	12	27,3	3,0	2,0	Использовались различные приборы Different devices	Кистозный макулярный отек (2 %) Cystoid macular edema (2 %)
A. Nguyen, et al. [36]	Первичная открытоугольная (53,7 %), первичная закрытоугольная (15,8 %), эксфолиативная (25,2 %), ювенильная (5,3 %) Primary open-angle (53.7 %), primary angle-closure (15.8 %), exfoliative (25.2 %), juvenile (5.3 %)	95	12	30,3	3,0	1,4	IQ 810 Laser System (IRIDEX, США), экспозиция — 180 с (90 с на каждую полусферу), мощность — 2000–3000 мВт, рабочий цикл — 31,1 % IQ 810 Laser System (IRIDEX, USA), time 180 s (90 s per each hemisphere), power 2000–3000 mW, duty cycle 31.1 %	Не наблюдалось No complications

В 2018 г. А. Yelenskiy и соавт. также провели ретроспективное многоцентровое исследование, в котором были собраны и проанализированы данные о предоперационных характеристиках, выполненных хирургических операциях и исходах операции мЦФК на различных приборах у 161 пациента (197 глаз). К 12 мес наблюдения общий показатель успеха составил 71 %. ВГД в среднем снизилось на 27,2 % от исходного уровня, среднее число местных гипотензивных препаратов уменьшилось с 3,0 до 2,0 при последнем наблюдении. Повторное проведение мЦФК понадобилось лишь в 10 % случаев, об осложнениях в исследовании не сообщалось [35] (см. табл. 2).

В 2018 г. в отделе хирургии глаукомы ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России впервые была проведена клиническая апробация прибора Cyclo G6 Laser System (IRIDEX, США). Исследование включало 26 пациентов (26 глаз) с терминальной болящей глаукомой. При проведении мЦФК были установлены средние параметры лазерного воздействия, которые применялись ко всем пациентам. Контрольную группу составили 28 пациентов (28 глаз) с терминальной болящей глаукомой, которым было проведено лечение методом непрерывно-волновой ЦФК. По результатам исследования у всех пациентов было достигнуто купирование болевого

синдрома, снижение ВГД и уменьшение количества применяемых гипотензивных препаратов через 4 мес наблюдения. В рамках исследования методом ультразвуковой биомикроскопии также оценивалось состояние ЦТ после проведения традиционной ЦФК и мЦФК, по результатам которой были выявлены морфологические изменения в ЦТ с уменьшением его толщины в контрольной группе через 4 мес наблюдения. У пациентов основной группы через 4 мес после мЦФК толщина ЦТ статистически соответствовала дооперационной. Таким образом, предварительные исследования показали, что мЦФК является менее травматичным методом лечения терминальной глаукомы, который позволяет устранить болевой синдром и эффективно снизить ВГД [27] (см. табл. 1).

Проведенные во многих странах мира исследования показали, что ЦФК в микроимпульсном режиме со стандартными настройками скважности и долей рабочего цикла 31,1 % при лазерном воздействии является более щадящим методом по сравнению с традиционной непрерывно-волновой ЦФК. Микроимпульсная ЦФК с использованием зонда МРЗ и новой лазерной системы для лечения глаукомы Суло G6 (IRIDEX, США) имеет отличные показатели безопасности и эффективности, что позволяет использовать данную технологию в лечении глаз на всех стадиях глаукомы, в том числе с сохраненными зрительными функциями [17, 19, 33].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует традиционное мнение, что ЦФК является методом лечения, применимым только на слепых глазах с абсолютной болящей глаукомой. Однако с появлением технологии мЦФК взгляд на проблему трансклерального лазерного лечения глаукомы кардинально меняется. Большинство исследователей сходятся во мнении, что мЦФК является безопасной и эффективной альтернативой непрерывно-волновой ЦФК. Хотя все еще существуют опасения по поводу послеоперационных осложнений, сравнительные исследования показали, что наиболее тяжелые из них, в частности длительная гипотония, реже встречаются после проведения мЦФК, чем после традиционной ЦФК. Неоднородность исходных форм глаукомы у пациентов, которым проводилась мЦФК, а также относительно небольшие выборки в представленных исследованиях не позволяют сделать однозначные выводы. Кроме того, отсутствует стандартизированный протокол лечения и выбора параметров лазерного воздействия при проведении мЦФК, что необходимо для определения оптимальных параметров лечения и воспроизводимости результатов. В связи с этим необходимо расширенное изучение данного метода лечения.

Литература/References

1. *Егоров Е.А.*, ред. Национальное руководство по глаукоме. 3-е изд. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013: 44–62. [*Egorov E.A.* National guidelines for glaucoma. 3d edition. Moscow: GEOTAR-Media; 2013: 44–62 (in Russian)].
2. *Quigley H.A., Broman A.T.* The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br. J. Ophthalmol.* 2006; 90 (3): 262–7. doi:10.1136/bjo.2005.081224
3. *Нестеров А.П., Егоров Е.А., Егоров А.Е., Кац Д.В.* Влияние трансклеральной лазерной циклокоагуляции на внутриглазное давление и зрительные функции у больных открытоугольной далеко зашедшей глаукомой. *Вестник офтальмологии.* 2001; 1: 3–4. [*Nesterov A.P., Egorov E.A., Egorov A.E., Kats D.V.* Influence of transscleral laser cyclophotocoagulation on interocular pressure and visual function in patients with open-angle advanced glaucoma. *Vestnik oftal'mologii.* 2001; 1: 3–4 (in Russian)].
4. *Чупров А.Д., Гаврилова И.А.* Анализ эффективности различных органосохраняющих операций при терминальной болящей глау-

- коме. *PMЖ.* 2010; 12 (4): 135–6. [*Chuprov A.D., Gavrilova I.A.* Efficiency analysis of different organ-preserving operations with terminal painful glaucoma. *RMZh.* 2010; 12 (4): 135–6 (in Russian)].
5. *Егорова Э.В., Соколовская Т.В., Узунян Д.Г., Дробнища А.А.* Оценка результатов контактной трансклеральной диод-лазерной циклокоагуляции с учетом изменений цилиарного тела при исследовании методом ультразвуковой биомикроскопии у больных с терминальной глаукомой. *Офтальмохирургия.* 2013; 3: 72–7. [*Egorova E.V., Sokolovskaja T.V., Uzunjan D.G., Drobniща A.A.* Parameter calculation of contact transscleral diode-laser cyclophotocoagulation with the changes of ciliary body during exploration by the method of ultrasound biomicroscopy in patients with terminal glaucoma. *Oftal'mokhirurgija.* 2013; 3: 72–7 (in Russian)].
 6. *Дробышева И.С.* Наш опыт лечения рефрактерной терминальной глаукомы. *Вестник ТГУ.* 2016; 21 (4): 1525–8. doi: 10.20310/1810-0198-2016-21-4-1525-1528 [*Drobysheva I.S.* Our experience in the treatment of refractory terminal glaucoma. *Vestnik TGU.* 2016; 21 (4): 1525–8 (in Russian). doi: 10.20310/1810-0198-2016-21-4-1525-1528]
 7. *Гаврилова И.А., Плотникова Ю.А., Чупров А.Д.* Опыт применения трансклеральной диод-лазерной циклофотокоагуляции на глазах с сохраненными зрительными функциями. *Точка зрения: Восток — Запад.* 2014; 2: 31. Доступно на <https://eyepress.ru/article.aspx?15112> [*Gavrilova I.A., Plotnikova Ju.A., Chuprov A.D.* Application experience of transscleral diode laser cyclophotocoagulation on eyes with preserved visual functions. *Tochka zrenija: Vostok — Zapad.* 2014; 2: 31 (in Russian). Available at: <https://eyepress.ru/article.aspx?15112>]
 8. *Kramp K., Vick H., Guthoff R.* Transscleral diode laser contact cyclophotocoagulation in the treatment of different glaucomas, also as primary surgery. *Graefes. Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2002; 204: 698–703. doi: 10.1007/s00417-002-0508-5
 9. *Ness P.J., Khaimi M.A., Feldman R.M., et al.* Intermediate term safety and efficacy of transscleral cyclophotocoagulation after tube shunt failure. *J. Glaucoma.* 2012; 21 (2): 83–8. doi: 10.1097/IJG.0b013e31820bd1ce
 10. *Бойко Э.В., Куликов А.Н., Скворцов В.Ю.* Сравнительная оценка диод-лазерной термотерапии и лазеркоагуляции как методов циклодеструкции (экспериментальное исследование). *Практическая медицина. Офтальмология.* 2012; 1: 175–9. [*Bojko E.V., Kulikov A.N., Skvorcov V.Ju.* Comparative evaluation of diode laser thermotherapy and lasercoagulation as a method of cyclodestruction (experimental study). *Prakticheskaja meditsina. Oftal'mologija.* 2012; 1: 175–9 (in Russian)].
 11. *Frezzotti P., Mittica V., Martone G., et al.* Long term follow-up of diode laser transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Acta. Ophthalmol.* 2010; 88 (1): 150–5. doi: 10.1111/j.1755-3768.2008.01354.x
 12. *Pastor S.A., Singh K., Lee D.A., et al.* Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 2001; 108 (11): 2130–8. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00889-2
 13. *Iliev M.E., Gerber S.* Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br. J. Ophthalmol.* 2007; 91: 1631–5. doi: 10.1136/bjo.2007.116533
 14. *Ishida K.* Update on results and complications of cyclophotocoagulation. *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2013; 24 (2): 102–10. doi:10.1097/ICU.0b013e32835d9335
 15. *Ramli N., Htoon H.M., Ho C.L., Aung T., Perera S.* Risk factors for hypotony after trans-scleral diode cyclophotocoagulation. *J. Glaucoma.* 2012; 21 (3): 169–73. doi: 10.1097/IJG.0b013e318207091a
 16. *Pancheva M.B., Kahook M.Y., Schuman J.S., Noecker R.J.* Comparison of acute structural and histopathological changes in human autopsy eyes after endoscopic cyclophotocoagulation and trans-scleral cyclophotocoagulation. *Br. J. Ophthalmol.* 2007; 91 (2): 248–52. doi:10.1136/bjo.2006.103580
 17. *Kuchar S., Moster M.R., Reamer C.B., Waisbourd M.* Treatment outcomes of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med. Sci.* 2016; 31 (2): 393–6. doi: 10.1007/s10103-015-1856-9
 18. *Ndulue J.K., Rahmatnejad K., Sanvicente C., Wizov S.S., Moster M.R.* Evolution of cyclophotocoagulation. *J. Ophthalmic. Vis. Res.* 2018 Jan-Mar; 13 (1): 55–61. doi:10.4103/jovr.jovr_190_17

19. *Noecker R.J.* The benefits of micropulse TSCPC for early-stage glaucoma. *Ophthalmol. Times Eur.* 2017; 30–2.
20. *Tan A.M., Chockalingam M., Aquino M.C., et al.* Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2010; 38 (3): 266–72. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02238.x
21. *Williams A.L., Moster M.R., Rahmatnejad K., et al.* Clinical efficacy and safety profile of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *J. Glaucoma.* 2018; 27 (5): 445–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000934
22. *Fea A.M., Bosone A., Rolle T., et al.* Micropulse diode laser trabeculoplasty (MDLT): A phase II clinical study with 12 months follow-up. *Clin. Ophthalmol.* 2008; 2: 247–52. doi: 10.2147/ophth.s2303
23. *Fudenberg S.J., Myers J.S., Katz L.J.* Trabecular meshwork tissue examination with scanning electron microscopy: A comparison of micropulse diode Laser (MLT), selective laser (SLT), and argon laser (ALT) trabeculoplasty in human cadaver tissue. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* May 2008; 49: 1236. Available at: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2376690>
24. *Emerick G.T.* Highlights of the AGS annual meeting. *Glaucoma today.* 2016; 14 (2): 40–2. Available at http://glaucomatoday.com/pdfs/gt0316_rsrch.pdf
25. *Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M.* Micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med. Hypothesis Discov. Innov. Ophthalmol.* 2018; 7 (3 Fall): 94–100. PMID:PMC6205680
26. *Emanuel M.E., Grover D.S., Fellman R.L., et al.* Micropulse cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma. *J. Glaucoma.* 2017; 26 (8): 726–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000715
27. *Елисеева М.А., Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В.* Микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция в комбинированном хирургическом лечении рефрактерной глаукомы: предварительные результаты. Современные технологии в офтальмологии. 2019; 4: 95–8. doi.org/10.25276/2312-4911-2019-4-95-98]. [*Eliseeva M.A., Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V.* Micropulse transscleral cyclophotocoagulation in combined surgical treatment of refractory glaucoma. *Sovremennye tekhnologii v oftalmologii.* 2019; 4: 95–8. (in Russian) doi.org/10.25276/2312-4911-2019-4-95-98]
28. *Aquino M.C., Barton K., Tan A.M., et al.* Micropulse versus continuous wave trans-scleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2015; 43 (1): 40–6. doi: 10.1111/ceo.12360
29. *Gavris M.M., Olteanu I., Kantor E., Mateescu R., Belicioiu R.* IRIDEX MicroPulse P3: innovative cyclophotocoagulation. *Rom. J. Ophthalmol.* 2017; 61 (2): 107–11. doi: 10.22336/rjo.2017.20
30. *Lee J.H., Shi Y., Amoozgar B., et al.* Outcomes of micropulse laser transscleral cyclophotocoagulation on pediatric versus adult glaucoma patients. *J. Glaucoma.* 2017; 26 (10): 936–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000757
31. *Sanchez F.G., Lerner F., Sampaoli J., et al.* Efficacy and safety of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in glaucoma. *Arch. Soc. Esp. Oftalmol.* 2018; 93 (12): 573–9. doi: 10.1016/j.oftale.2018.08.006
32. *Sarrafpour S., Saleh D., Ayoub S., Radcliffe N.M.* Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: A look at long-term effectiveness and outcomes. *Ophthalmology Glaucoma.* 2019; 2 (Issue 3 May-June): 167–71. doi: 10.1016/j.ogla.2019.02.002
33. *Toyos M.M., Toyos R.* Clinical outcomes of micropulsed trans-scleral cyclophotocoagulation in moderate to severe glaucoma. *J. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2016; 7: 620. doi: 10.4172/2155-9570.1000620
34. *Zaarour K., Abdelmassih Y., Arej N., et al.* Outcomes of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation in uncontrolled glaucoma patients. *J. Glaucoma.* 2019; 28 (3): 270–5. doi: 10.1097/IJG.0000000000001174
35. *Yelenskiy A., Gillette T.B., Arosemena A., et al.* Patient outcomes following micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation: intermediate-term results. *J. Glaucoma.* 2018; 27 (10): 920–5. doi: 10.1097/IJG.0000000000001023
36. *Nguyen A.T., Maslin J.S., Noecker J.R.* Early results of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Eur. J. Ophthalmol.* 2019; 303. doi: 10.1177/1120672119839303

Вклад авторов в работу: Н.С. Ходжаев — идея и дизайн аналитического обзора; финальное редактирование статьи; А.В. Сидорова — анализ литературы; А.В. Старостина — сбор и анализ литературы, написание статьи; М.А. Елисеева — сбор литературы.

Поступила: 15.05.2019
 Переработана: 09.06.2019
 Принята к печати: 12.07.2019

Originally received: 15.05.2019
 Final revision: 09.06.2019
 Accepted: 12.07.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГАУНМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

Назрулла Сагдуллаевич Ходжаев — д-р мед. наук, профессор, заместитель генерального директора по организационной работе и инновационному развитию

Алла Валентиновна Сидорова — врач-офтальмолог высшей категории, заведующая отделением хирургического лечения глаукомы

Анна Владимировна Старостина — канд. мед. наук, младший научный сотрудник отдела хирургического лечения глаукомы

Мария Алексеевна Елисеева — ординатор

Для контактов: Назрулла Сагдуллаевич Ходжаев, nskhodjaev@mail.ru

S.N. Fyodorov Eye Microsurgery NMRC, 59a, Beskudnikovsky Bulvar, Moscow, 127486, Russia

Nazrulla S. Khodzhaev — Dr. of Med. Sci., Professor, deputy general director for organizational work and innovative development

Alla V. Sidorova — ophthalmologist, head of glaucoma department

Anna V. Starostina — Cand. of Med. Sci., junior researcher of glaucoma surgery department

Maria A. Eliseeva — resident

Contact information: Nazrulla S. Khodzhaev, nskhodjaev@mail.ru