

Обзор

УДК 617.7-007.681

DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2025-1-44-50>

## О применении микроимпульсной лазерной циклокоагуляции при глаукоме

С.Х. Холматов

Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино, Душанбе, Республика Таджикистан

### РЕФЕРАТ

В обзоре представлены данные по механизму действия и эффективности многообещающей и относительно новой методики — транссклеральной лазерной циклокоагуляции в микроимпульсном режиме. На основании детального анализа влияния данной операции на стабилизацию глаукомного процесса, остроты зрения, а также частоту осложнений авторы делают вывод о том, что микроимпульсная лазерная циклокоагуляция может применяться у пациентов с рефрак-

терной и закрытоугольной глаукомой с высокой остротой зрения. Авторы подчеркивают, что стабилизация внутриглазного давления после микроимпульсной лазерной циклокоагуляции достигается легче, если есть сформированный путь для внешнего оттока водянистой влаги. В связи с этим применение микроимпульсной лазерной циклокоагуляции в сочетании с синустрабекулэктомией также представляется перспективным.

**Ключевые слова:** глаукома, лазерная циклокоагуляция, микроимпульсный режим, внутриглазное давление

**Для цитирования:** Холматов С.Х. О применении микроимпульсной лазерной циклокоагуляции при глаукоме. Российская детская офтальмология. 2025;1(51): 44–50. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2025-1-44-50>

**Автор, ответственный за переписку:** Саиджафар Хилолович Холматов, [kholmatovs@mail.ru](mailto:kholmatovs@mail.ru)

### ABSTRACT

Original article

#### About application of micropulse laser cyclocoagulation in glaucoma

S.Kh. Kholmatov

Avicenna tajik state medical university, Dushanbe, Republic of Tajikistan

This review represents data on the mechanism of action and effectiveness of a promising and relatively new technique of transcleral laser cyclocoagulation in micropulse mode. Based on a detailed analysis of the effect of this intervention on the stabilization of the glaucoma process, visual acuity, as well as the frequency of complications, the author concludes that micropulse laser cyclocoagulation can be used in patients with refractory and angle-closure glaucoma with high visual

functions. Author emphasizes that stabilization of IOP after micropulse laser cyclocoagulation is achieved more easily if there is a formed pathway of external outflow of aqueous humour. In this regard, the use of micropulse laser cyclocoagulation in combination with trabeculectomy also seems promising.

**Key words:** glaucoma, laser cyclocoagulation, micropulse mode, intraocular pressure

**For citation:** Kholmatov S.Kh. About application of micropulse laser cyclocoagulation in glaucoma. Rossiyskaya detskaya oftalmologiya. 2025;1(51): 44–50. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2025-1-44-50>

**Corresponding author:** Saidjafar Kh. Kholmatov, [kholmatovs@mail.ru](mailto:kholmatovs@mail.ru)

### ВВЕДЕНИЕ

Глаукома — одна из ведущих причин необратимой слепоты во всем мире. В настоящее время глаукомой страдают 80 млн человек, из них 11 млн слепых [1, 2]. Лечение глаукомы направлено на снижение внутриглазного давления (ВГД) либо за счет

уменьшения выработки водянистой влаги, либо за счет увеличения ее оттока по трабекулярному или увеосклеральному путям, либо за счет того и другого путей. Традиционный подход к лечению включает применение инстилляций гипотензивных препаратов на ранних стадиях, а также селективной лазерной трабекулопластики (SLT), на более поздней стадии

применяют инвазивные операции, такие как трабекуlectомия, операции непроницающего типа и антиглаукомные дренажи [3]. Трансклеральная лазерная циклокоагуляция (ЛЦК) применяется, как правило, в качестве последнего средства, когда возможности всех других методов лечения исчерпаны, поскольку она часто связана с тяжелыми осложнениями, такими как увеиты, стойкая гипотония и субатрофия глазного яблока [4, 5]. За последнее десятилетие в области лечения глаукомы было внедрено несколько новых технологий, расширивших терапевтические возможности и повысивших профиль безопасности вмешательств. В том числе была внедрена новая методика ЛЦК с использованием технологии микроимпульса (мЛЦК) для уменьшения побочных эффектов, связанных с непрерывно-волновой ЛЦК (нвЛЦК), при сохранении удовлетворительной эффективности, что сделало возможным ее применение на более ранних стадиях глаукомы у пациентов с сохраненными зрительными функциями. Однако, несмотря на растущий интерес, вызванный недавним появлением теоретически менее травматичной микроимпульсной методики, нвЛЦК остается наиболее известным методом циклодеструкции и используется у пациентов с остаточными зрительными функциями.

Так, согласно клиническим рекомендациям по открытоугольной глаукоме, утвержденным Министерством здравоохранения Российской Федерации [6], ЛЦК проводят при отсутствии предметного зрения и высоком уровне ВГД с болевым синдромом. ЛЦК показана при невозможности выполнения гипотензивной операции из-за тяжести общего состояния, выраженных изменений переднего отрезка глаза либо отказа пациента от хирургического лечения. Согласно клиническим рекомендациям при закрытоугольной глаукоме [7], рекомендуется циклодеструктивная операция данной группе пациентов с целью снижения ВГД и купирования болевого синдрома при отсутствии предметного зрения и высоком уровне ВГД с болевым синдромом.

Согласно Рекомендациям Европейского общества по борьбе с глаукомой [8], ЛЦК следует выполнять при неэффективной фильтрующей операции в анамнезе, высоком риске неудачи или отсутствии возможности выполнить фильтрующую операцию или имплантацию антиглаукомного дренажа, а также в случаях рефрактерной глаукомы. Примерно тех же показаний придерживается и Американская академия офтальмологии [9].

Мы считаем, что данное положение должно быть пересмотрено в настоящее время. Это доказывается в первую очередь данными экспериментальных и функциональных исследований, убедительно показывающими, что механизм действия мЛЦК отличается от такового при нвЛЦК, а воздействие лазера в микроимпульсовом режиме является для тканей глаза

менее травматичным. В снижении ВГД после мЛЦК задействованы 3 эффекта.

#### Механизм действия мЛЦК

*Снижение выработки водянистой влаги.* Диодный лазер с длиной волны 810 нм поглощается в основном пигментированным эпителием цилиарного тела. Мощность микроимпульсов в пакете подобрали таким образом, что позволяет достичь порога коагуляции пигментированного цилиарного эпителия, а длительность интервала между микроимпульсами в пакете такова, что ограничивает накопление тепла и обеспечивает рассеивание тепла в соседних клетках. Это обеспечивает практически полную сохранность непигментированного эпителия и цилиарной стромы [10]. Ограниченное повышение температуры при микроимпульсе, вторичное по отношению к лазерному воздействию, денатурирует белки быстрее, чем естественный биологический механизм восстановления клеток, что приводит к снижению выработки водянистой влаги без каких-либо макроскопических изменений тканей. Эти теоретические выкладки были подтверждены данными оптической когерентной томографии переднего сегмента и ультразвуковой биомикроскопии, которые не выявили серьезных изменений в цилиарном теле или анатомии переднего сегмента [11]. К. Moussa и соавт. обнаружено, что мЛЦК не вызывает значительного повреждения цилиарного тела (разрушение эпителия, отделение пигментированного цилиарного эпителия от стромы и стромальную коагуляцию). Можно прийти к выводу, что механизм снижения ВГД при мЛЦК может быть не связан со снижением секреции водянистой влаги [12].

*Повышенный увеосклеральный отток.* Прямых доказательств влияния мЛЦК на увеосклеральный отток нет. Однако этот эффект наблюдался непосредственно при нвЛЦК, как гистологически [13], так и с помощью перфузии мечеными частицами [14]. Кроме того, косвенным доказательством увеличения увеосклерального оттока после мЛЦК является увеличение толщины хориоидеи, наблюдаемое у пациентов, у которых после операции отмечалось снижение ВГД [15].

*Повышенный отток из трабекулярной сети.* Воздействие лазера в режиме мЛЦК на продольные волокна цилиарного тела приводит к его сокращению и вызывает смещение склеральной шпоры, изменяя таким образом конфигурацию трабекулярной сети и увеличивая отток по этому пути. Данный эффект аналогичен механизму действия пилокарпина в снижении ВГД. Было продемонстрировано, что этот эффект зависит от энергии, а это означает, что чем больше приложенная энергия, тем меньше восстановление сокращенной цилиарной мышцы, что приводит к более длительному пилокарпиноподобному эффекту [16].

**Клиническая эффективность применения  
мЛЦК при глаукоме**

Первые исследования, в которых сообщалось о результатах мЛЦК при глаукоме, включали только случаи с далеко зашедшей и терминальной стадиями декомпенсированной глаукомы [17–21]. В более поздних работах авторы применяли данную методику у пациентов с разными стадиями и формами глаукомы, начиная от легких случаев с хорошим центральным зрением и заканчивая более запущенными случаями [15, 22–25].

Неоднородность исследуемых групп, длительность наблюдения, используемые параметры лечения или конечные точки затрудняют сравнение результатов этих исследований. Однако накопленных данных достаточно, чтобы обоснованно ожидать снижения ВГД примерно на 40% в период от 6 до 12 месяцев.

Результаты этих работ также позволяют сделать вывод, что микроимпульсная терапия не менее эффективна, но более безопасна, чем нвЛЦК. Так, М. Aquino и соавт. [17] после 12 месяцев наблюдения установили, что стабилизация течения глаукомы после мЛЦК наступает в 75% случаев (18 из 24 пациентов) и в 29% случаев (7 из 24 пациентов) в группе, где проводили нвЛЦК ( $p < 0,01$ ). ВГД через 18 месяцев после операции снизилось на 45% в обеих группах ( $p = 0,70$ ). Не было достоверных различий в потребности в повторном лечении ( $p = 0,36$ ). Также не было различий в снижении количества гипотензивных препаратов, которые назначались к концу периода наблюдения ( $p = 0,88$ ), это соотношение составляет 2:1 в обеих группах. Однако частота осложнений была выше при использовании нвЛЦК ( $p = 0,01$ ). Длительная гипотония (ВГД  $\leq 5$  мм рт.ст. в течение более 6 месяцев) наблюдалась в 5 глазах, получавших нвЛЦК, по сравнению ни с одним в группе мЛЦК, снижение остроты зрения было обнаружено у 9% (2/23) в группе нвЛЦК по сравнению с 4% (1 из 23) в случае мЛЦК, длительный иридоциклит отмечен у 30% (7 из 23) по сравнению с 4% (1 из 23), субатрофия глазного яблока – 4% (1 из 23) против 0%, истончение склеры – 17% (4 из 23) против 4% (1 из 23) соответственно [17]. Аналогичные результаты были получены в сравнительном исследовании нвЛЦК и мЛЦК на 45 глазах 36 пациентов детского возраста. Частота успеха была выше в группе нвЛЦК (71% по сравнению с 46% в группе мЛЦК), но разница не была существенной ( $p = 0,1$ ). В группе нвЛЦК не было отмечено существенных осложнений, тогда как в группе мЛЦК у одного пациента развилась субатрофия глазного яблока, а у двух других отмечены сильные боли и увеит ( $p = 0,3$ ) [10].

Интересно, что в сериях наблюдений, включающих значительное количество глаз с неоваскулярной [17, 18, 26] и юношеской глаукомой [27–29], при которых можно было бы ожидать большое количе-

ство осложнений, они не были зафиксированы. Частота развития стойкой гипотонии, увеитов длительностью свыше 3 месяцев, снижения остроты зрения более 2 строк оказалась равна нулю. Эти результаты свидетельствуют о том, что риск осложнений мЛЦК может быть в большей степени связан с методикой применения ЛЦК, чем с типом глаукомы у пациента.

Низкая частота развития осложнений, стабильность остроты зрения в послеоперационном периоде послужили основанием для применения мЛЦК в случаях с высокими цифрами остроты зрения. И.Э. Иошин и соавт. в 2022 г. [30] проанализировали результаты применения мЛЦК при разных стадиях рефрактерной открытоугольной глаукомы. Было показано, что использование мЛЦК не привело к развитию послеоперационных осложнений, позволило снизить ВГД на 36,2% от исходного уровня при развитой и на 29,8% при далеко зашедшей стадии заболевания, позволило уменьшить количество используемых гипотензивных препаратов на 17% при 2-й и на 10% при 3-й стадии заболевания и не привело к снижению зрительных функций. В этом исследовании также не было зафиксировано значимых осложнений.

V. Varikuti и соавт. [25] провели лечение 61 глаза с остротой зрения свыше 0,3, 75% из которых не были ранее оперированы. Лечение оказалось успешным в 75,0% случаев через 12 месяцев. На 10 глазах наблюдалось снижение остроты зрения свыше 0,2. Среди факических глаз наиболее частым осложнением были прогрессирующие катаракты (40%), послеоперационный иридоциклит (3,3%) и кистовидный макулярный отек (3%).

В исследовании S. Sarrafpour и соавт. [31] у 8% пациентов наблюдалось стойкое снижение остроты зрения свыше 0,2, у 12,5% пациентов острота зрения увеличилась на 0,2. Интересно, что у 15,4% пациентов с остротой зрения счет пальцев у лица или ухудшением остроты зрения в ранние сроки после операции она повысилась через год после операции. В исследовании R. de Crom и соавт. [32] потеря остроты зрения свыше 0,2 отмечена в 19 из 77 глаз (24,7%) через год после проведения мЛЦК и в 6 из 24 глаз (25%) через 2 года после операции. Причиной снижения остроты зрения послужили прогрессирование глаукомного процесса, прогрессирование катаракты и различные заболевания сетчатки.

Менее серьезные осложнения, такие как персистирующий мидриаз, были описаны с частотой 1,6–15% [21, 22, 33–35]. Частота кистозного макулярного отека составляет 2–6,7% [20, 23, 29, 32, 34, 35] и 6,0% [24].

В литературе описаны единичные случаи тяжелых, потенциально приводящих к слепоте осложнений, таких как экспульсивная геморрагия [36, 37], гемофтальм [36], гифема, иридоциклит с выраженной

эксудативной реакцией [38], несмотря на используемый умеренный уровень энергии (от 110 до 150 Дж).

Хотя вероятность этих осложнений существует, последующие исследования показали, что потеря зрения после мЛЦК может быть в большей степени связана с поздней стадией заболевания и прогрессирующим глаукомы, чем с самим методом лечения.

В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос о правильном персонализированном подходе к выполнению мЛЦК. На сегодняшний день установлено, что 4 переменные влияют на поступление энергии к тканям:

- Продолжительность лечения, являющаяся основным параметром, варьируется от врача к врачу. Она отражает общую продолжительность применения препарата и составляет от 100 до 360 с.

- Скорость скольжения зонда (время выдержки), которая может быть быстрой около 10 с за один заход или медленной до 60 с за один заход.

- Мощность, которая обычно устанавливается равной 2000 МВт, но в нескольких исследованиях использовалась мощность в диапазоне от 2000 до 2500 МВт/см<sup>2</sup> [22, 26, 31].

- Рабочий цикл составляет, как правило, 25–31,3%. С. Keilani и соавт. сравнили рабочий цикл 25% с 31,3% и обнаружили, что последний был более эффективным, но вызывал большее воспаление [38].

Чтобы облегчить сравнение исследований с использованием различных параметров, М.А. Johnstone и соавт. предложили формулу для расчета передаваемой энергии в джоулях (Дж).

Джоули (Дж) = мощность в Ваттах (Вт) × общая продолжительность лечения в секундах (с) × время цикла (например, 31,3%) [39].

Применяемые уровни энергии можно разделить на низкие, промежуточные и высокие:

- Низкие уровни энергии (62–100 Дж; суммарная экспозиция 100–160 с при 2000 МВт) [17, 18, 26, 31, 40–42].

Низкие уровни энергии имели самую низкую частоту осложнений, но также и более ограниченную эффективность. F.G. Sanchez и соавт. применили уровни энергии в диапазоне от 62 до 112 МВт и показали, что нормализации ВГД при 112 Дж удалось достичь в 75% случаев, в 21,4% при 100 Дж, в то время как у всех пациентов в группе 62 Дж ВГД оставалось высоким [42]. S. Souissi и соавт. сообщали о столь же низком показателе успеха – 35% при уровне энергии 100 Дж [19]. В то же время М. Aquino и соавт. показали, что повысить эффективность мЛЦК при низкой энергии можно, проводя повторные сеансы лечения. Согласно данным авторов, ВГД нормализовалось в 75% через 12 месяцев и в 52% случаев через 18 месяцев при использовании энергии 100 Дж, при этом почти половине пациентов потребовалось не менее двух сеансов лечения [17]. S. Sargrou и соавт. предложили другой подход к лечению, используя фикси-

рованную продолжительность лечения и адаптируя мощность лазера к остроте зрения пациентов (неправильная светопроекция – 2500 МВт, движение руки или счет пальцев – 2400 МВт, 0,05–0,25 – 2250 МВт и 0,3–1,0 – 2000 МВт) и сообщили, что контроль ВГД зависит от используемой мощности [31].

- Промежуточные уровни энергии (112–200 Дж; от 180 до 240 с воздействия при 2000 МВт) [15, 22, 43–45].

Исследования с использованием промежуточной энергии от 112 до 150 Дж показали наилучший профиль безопасности/эффективности. К. Zaaroug и соавт. представлены результаты применения мЛЦК на 75 глазах 69 пациентов с прогрессирующей рефрактерной глаукомой с использованием фиксированных параметров 180 с при мощности 2000 МВт и рабочем цикле 31,3%. Показатель успеха через год составил 73,3% при снижении ВГД на 35,4% по сравнению с исходным уровнем. О серьезных осложнениях не сообщалось [43]. А. Yelenskiy и соавт. получили аналогичные результаты при использовании следующих параметров лазера: 2000 МВт, 180–240 с и рабочий цикл 31,3%. Сообщалось только о 4 случаях (2%) транзиторного кистозного макулярного отека [44].

- Высокие уровни энергии (от 200 до 225 Дж; суммарная экспозиция от 320 до 360 с при 2000 МВт) [23, 24, 27, 35, 45].

М. Emanuel и соавт. [45] использовали среднюю продолжительность лечения 319 с (диапазон 180–360 с) и получили показатель успеха 75% через один год при снижении ВГД в среднем на 41,2%. Однако примерно в 45% случаев сообщалось об осложнениях, при этом наиболее распространенными были хронический увеит и потеря остроты зрения [45]. Аналогично, А. Williams и соавт. добились успеха в 67% случаев при снижении ВГД в среднем на 51%, но у 26% пациентов развился хронический увеит, а у 17% – потеря остроты зрения через 3 месяца [35]. Было показано, что выполнение мЛЦК в течение 320 с в 2 приема с чередованием верхних и нижних квадрантов позволяет получить аналогичные результаты при более низкой частоте осложнений. Авторы объясняют полученный результат улучшением оттока тепла [23, 24].

F.G. Sanchez и соавт. на основе экспериментального исследования М. Johnstone и соавт. и описанных выше данных предположили, что наилучший профиль безопасности/эффективности при мЛЦК достигается при 112–150 Дж. Фактически, при 150 Дж сокращение цилиарной мышцы становится постоянным. Сокращение цилиарного тела помогает изменить конфигурацию трабекулярной сети, тем самым увеличивая отток водянистой влаги [16, 39].

Предложено также применять более короткую экспозицию в случае выраженной пигментации радужки [25]. В другом исследовании предложено

повышать мощность лазерного излучения в случаях с более низкой остротой зрения (протокол S. Sarrafrouz и соавт., 2019) [30]. Выдвигалось также предложение увеличивать экспозицию при более высоких цифрах ВГД до операции [20, 21, 32, 40].

Таким образом, на сегодняшний день оптимальные параметры проведения и показания к проведению МЛЦК остаются предметом дискуссий [46].

В единичных работах показано, что МЛЦК может применяться при лечении острого приступа и хронической закрытоугольной глаукомы. Так, согласно данным В.В. Егорова и соавт. [47], опубликованных результаты лечения 43 глаз с первичной закрытоугольной глаукомой методом МЛЦК, во всех случаях (100%) уровень ВГД на 1-й день после операции снизился и составлял 14–23 мм рт.ст., в среднем 18,5±1,6 мм рт.ст. Во всех 6 глазах был купирован острый приступ закрытоугольной глаукомы – уже на 1-е сутки после выполнения МЛЦК уровень ВГД в данных глазах соответствовал значениям 16–21 мм рт.ст. Через один год после операции давление цели было достигнуто в 91% случаев и составило в среднем 19,7±1,5 мм рт.ст. В сроки до одного года повышение ВГД до 25–29 мм рт.ст. на комбинированном гипотензивном режиме выявлено в 4 глазах (9%) пациентов с первичной закрытоугольной глаукомой, что потребовало проведения повторных операций. В то же время, по результатам V. Raja и соавт. [48], опубликованных результаты применения МЛЦК при хронической закрытоугольной глаукоме, снижение ВГД хотя и отмечалось в 90,9% случаев, но было значительно менее выраженным: с 38,9 мм рт.ст. (интервал 21–74) до 24 мм рт.ст. (интервал 12–29).

В целом ряде исследований было показано, что уровень ВГД в послеоперационном периоде оказывался существенно ниже у пациентов, которым ранее были выполнены фильтрующие антиглаукоматозные операции. Так, в исследовании G. Garcia и соавт. [20] применение МЛЦК оказалось успешным в 67,6% ранее оперированных глаз и в 41,4% ( $p=0,014$ ), если МЛЦК была первичным антиглаукоматозным вмешательством. В исследовании R. de Crom и соавт. [32] предоперационное и послеоперационное ВГД было значительно ниже у глаз с операцией по поводу глаукомы в анамнезе по сравнению с ранее не оперированными глазами ( $p<0,0001$ ). Более того, A. Yelenskiy и соавт. [44] показали, что эффективность МЛЦК оказалась выше в глазах, на которых ранее выполняли синустрабекулэктомию, по сравнению с микроинвазивными вмешательствами. Все эти данные указывают на то, что стабилизация ВГД после МЛЦК достигается легче в случае, если имеется сформированный путь наружного оттока водянистой влаги [20]. В этой связи логичным выглядит проведение синустрабекулэктомии и МЛЦК в ходе одного оперативного вмешательства, однако таких работ мы в литературе не встретили.

## ВЫВОДЫ

1. МЛЦК является высокоэффективным безопасным методом лечения глаукомы.

2. МЛЦК может применяться у пациентов с рефрактерной и закрытоугольной глаукомой с высокой остротой зрения.

3. Требуется дальнейших исследований вопрос об оптимальном протоколе выполнения МЛЦК.

4. Перспективным представляется использование МЛЦК в сочетании с синустрабекулэктомией.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Quigley HA, Broman AT. The Number of People with Glaucoma Worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmology*. 2006;90: 262–267.
2. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121: 2081–2090.
3. Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *JAMA*. 2014;311: 1901–1911.
4. Pastor SA, Singh K, Lee DA, et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2001;108: 2130–2138.
5. Ramli N, Htoon HM, Ho CL, et al. Risk factors for hypotony after transscleral diode cyclophotocoagulation. *J Glaucoma*. 2012;21: 169–173.
6. Клинические рекомендации – Глаукома первичная открытоугольная. Утверждены Минздравом России 16.08.2024. [Clinical recommendations – Primary Glaucoma open angle. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation on 08/16/2024. (In Russ.)]
7. Клинические рекомендации – Глаукома первичная закрытоугольная. Утверждены Минздравом России 16.08.2024. [Clinical recommendations – Primary angle-closure glaucoma. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation on 08/16/2024. (In Russ.)]
8. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. *Br J Ophthalmol*. 2021 Jun;105(Suppl 1):1–169.
9. Gedde SJ, Vinod K, Wright MM, et al. American Academy of Ophthalmology Preferred Practice Pattern Glaucoma Panel. Primary Open-Angle Glaucoma Preferred Practice Pattern. *Ophthalmology*. 2021;128: 71–150.
10. Dastiridou AI, Katsanos A, Denis P, et al. Cyclodestructive procedures in glaucoma: a review of current and emerging options. *Adv Ther*. 2018;35(12): 2103–2127.
11. Amoozgar B, Phan EN, Lin SC, et al. Update on ciliary body laser procedures. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017;28: 181–186.
12. 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: 22–22.
13. Schubert HD, Agarwala A. Quantitative CW Nd:YAG pars plana transscleral photocoagulation in postmortem eyes. *Ophthalmic Surg*. 1990;21: 835–839.

14. Liu GJ, Mizukawa A, Okisaka S. Mechanism of intraocular pressure decrease after contact transscleral continuous-wave Nd:YAG laser cyclophotocoagulation. *Ophthalmic Res.* 1994;26: 65–79.
15. Barac R, Vuzitas M, Balta F. Choroidal thickness increase after micropulse transscleral cyclophotocoagulation. *Romanian J Ophthalmol.* 2018;62: 144–148.
16. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol J.* 2018;7: 94–100.
17. Aquino MCD, Barton K, Tan AM, et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2015;43: 40–46.
18. Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2010;38: 266–272.
19. Souissi S, Baudouin C, Labbé A, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation using a standard protocol in patients with refractory glaucoma naive of cyclodestruction. *Eur J Ophthalmol.* 2019;31: 112–119.
20. Garcia GA, Nguyen CV, Yelenskiy A, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: short-term efficacy, safety, and impact of surgical history on outcomes. *Ophthalmol Glaucoma.* 2019;2: 402–412.
21. Preda MA, Karancsi OL, Munteanu M, et al. Clinical outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma-18 months follow-up. *Lasers Med Sci.* 2020;35: 1487–1491.
22. Nguyen AT, Maslin J, Noecker RJ. Early results of micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2020;30: 700–705.
23. Magacho L, Lima FE, Ávila MP. Double-session micropulse transscleral laser (CYCLO G6) as a primary surgical procedure for glaucoma. *J Glaucoma.* 2020;29: 205–210.
24. Magacho L, Lima FE, Ávila MP. Double-session micropulse transscleral laser (CYCLO G6) for the treatment of glaucoma. *Lasers Med Sci.* 2020;35: 1469–1475.
25. Varikuti VNV, Shan P, Rai O, Chaves AC, Miranda A, Lim B, et al. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in eyes with good central vision. *J Glaucoma.* 2019;28: 901–905.
26. Al Habash A, Al Ahmadi AS. Outcome of MicroPulse transscleral photocoagulation in different types of glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2019;13: 2353–2360.
27. Lee JH, Shi Y, Amoozgar B, et al. Outcome of Micropulse laser transscleral cyclophotocoagulation on pediatric versus adult glaucoma patients. *J Glaucoma.* 2017;26: 936–939.
28. Abdelrahman AM, El Sayed YM. Micropulse versus continuous wave transscleral cyclophotocoagulation in refractory pediatric glaucoma. *J Glaucoma.* 2018;27: 900–905.
29. Elhefney EM, Mokbel TH, Hagraas SM, Al Nagdy AA, Ellayah AA, Mohsen TA, Gaafar WM. Micropulsed diode laser cyclophotocoagulation in recurrent pediatric glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2019;104: 1011–1016.
30. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Ракова А.В., Максимов И.В. Результаты микроимпульсной циклофотокоагуляции у пациентов с ранними стадиями первичной открытоугольной глаукомы. *Национальный журнал Глаукома.* 2022;21: 22–28. [Ioshin IE, Tolchinskaya AI, Rakova AV, Maksimov IV. Results of microimpulse cyclophotocoagulation in patients with early stages of primary open-angle glaucoma. *National Journal of Glaucoma.* 2022;21: 22–28. (In Russ.)]
31. Sarrafpour S, Saleh D, Ayoub S, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a look at long-term effectiveness and outcomes. *Ophthalmol Glaucoma.* 2019;2: 167–171.
32. de Crom RMPC, Slangen CGMM, Kujovic-Aleksov S, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation in patients with glaucoma: 1- and 2-year treatment outcomes. *J Glaucoma.* 2020;29: 794–798.
33. Kaba Q, Som ani S, Tam E, Yuen D. The Effectiveness and safety of micropulse cyclophotocoagulation in the treatment of ocular hypertension and glaucoma. *Ophthalmol Glaucoma.* 2020;3: 181–189.
34. Radhakrishnan S, Wan J, Tran B, et al. Micropulse Cyclophotocoagulation: A Multicenter Study of Efficacy, Safety, and Factors Associated With Increased Risk of Complications. *J Glaucoma.* 2020;29: 1126–1131.
35. Williams AL, Moster MR, Rahmatnejad K, et al. Clinical efficacy and safety profile of Micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *J Glaucoma.* 2018: 445–449.
36. Aldaas KM, Brasington C, Zhang AY. A Case of Choroidal and Vitreous Hemorrhage Following Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation. *J Glaucoma.* 2020;29: e57–e59.
37. Prager AJ, Anchala AR. Suprachoroidal hemorrhage after micropulse cyclophotocoagulation diode therapy. *Am J Ophthalmol.* 2020;18: 100659.
38. Keilani C, Benhatchi N, Bensmail D, et al. Comparative effectiveness and tolerance of subliminal subthreshold transscleral cyclophotocoagulation with a duty factor of 25% versus 31.3% for advanced glaucoma. *J Glaucoma.* 2020;29: 97–103.
39. Johnstone MA, Song S, Padilla S, et al. Microscope real-time video (MRTV), high-resolution OCT (HR-OCT) & histopathology (HP) to assess how transcleral micropulse laser (TML) affects the sclera, ciliary body (CB), muscle (CM), secretory epithelium (CBSE), suprachoroidal space (SCS) & aqueous outflow system. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60: 2825.
40. 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 Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* 2020;258: 1073–1079.
41. Sahu DK, Namperumalsamy P, Hilton GF, et al. Bullous variant of idiopathic central serous chorioretinopathy. *Br J Ophthalmol.* 2000;84: 485–492.
42. Sanchez FG, Lerner F, Sampaolesi J, et al. Efficacy and safety of Micropulse transscleral cyclophotocoagulation in glaucoma. *Arch Soc Espanola Oftalmol.* 2018;93: 573–579.
43. Zaarour K, Abdelmassih Y, Arej N, et al. Outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in uncontrolled glaucoma patients. *J Glaucoma.* 2019;28: 270–275.

44. Yelenskiy A, Gillette TB, Arosemena A, et al. Patient outcomes following micropulse transscleral cyclophotocoagulation: intermediate-term results. *J Glaucoma*. 2018;27: 920–925.
45. Emanuel ME, Grover DS, Fellman RL, et al. Micropulse cyclophotocoagulation: initial results in refractory glaucoma. *J Glaucoma*. 2017;26: 726–729.
46. Фуркатзод Ф, Карим-Заде ХД, Махмадзода ШК. Развитие циклодеструктивной хирургии в офтальмологии и её применение при различных видах глаукомы. *Вестник Авиценны*. 2021;23: 585–594. [Furkatzod F, Karim-Zadeh HD, Mahmadzoda ShK. The development of cyclodestructive surgery in ophthalmology and its application in various types of glaucoma. *Avicenna's Bulletin*. 2021;23: 585–594. (In Russ.)]
47. Егоров В.В., Поступаев А.В., Поступаева Н.В. Эффективность микроимпульсной циклофотокоагуляции в лечении рефрактерной глаукомы. *Современные технологии в офтальмологии*. 2022;2: 88–94. [Egorov VV, Pridaev AV, Pridaeva NV. The effectiveness of microimpulse cyclophocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Modern technologies in ophthalmology*. 2022;2: 88–94. (In Russ.)]
48. Raja V, Balasubramaniam N, Sundar B, Nagdev N. The outcomes of diode laser transscleral cyclophotocoagulation in refractory primary angle-closure glaucoma in a South Indian population. *Indian J Ophthalmol*. 2024;1: 397-401.

#### Информация об авторе

**Саидджафар Хилолович Холматов**, соискатель кафедры офтальмологии ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино», Республика Таджикистан, kholmatovs@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4241-2635>

#### Information about the author

**Saidjafar Kh. Kholmatov**, Applicant at the Department of Ophthalmology, kholmatovs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3922-3829>

#### Вклад автора в работу:

**С.Х. Холматов:** проведение операций, сбор, анализ и обработка материала, написание статьи.

#### Author's contribution:

**S.Kh. Kholmatov:** collecting, analyzing and processing material, writing an article.

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

**Авторство:** Автор подтверждает, что он соответствует действующим критериям авторства ICMJE.

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

**Конфликт интересов:** Отсутствует.

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

**Authorship:** Author confirms that he meets the current ICMJE authorship criteria.

**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: 26.09.2024*

*Переработана: 12.01.2025*

*Принята к печати: 03.02.2025*

*Originally received: 26.09.2024*

*Final revision: 12.01.2025*

*Accepted: 03.02.2025*