Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

Микроимпульсная и непрерывно-волновая транссклеральная циклофотокоагуляции: сравнительный анализ

Е.В. Сниткина, О.М. Андрюхина, к.м.н., И.А. Лоскутов, д.м.н.

Адрес для переписки: Елена Витальевна Сниткина, lena_snitkina@mail.ru

Для цитирования: Сниткина Е.В., Андрюхина О.М., Лоскутов И.А. Микроимпульсная и непрерывно-волновая транссклеральная циклофотокоагуляции: сравнительный анализ. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (35): 100–105.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-35-100-105

***Цель** – систематизировать данные о биофизических механизмах, клинической эффективности и безопасности микроимпульсной транссклеральной лазерной циклопластики (мТЛЦ) и непрерывно-волновой циклофотокоагуляции (НВЦФК) и на основании полученных результатов разработать практический алгоритм выбора лечебной тактики.*

***Материал и методы.** Проведен систематический поиск работ в базе данных PubMed за 2017–2026 гг. Дополнительно проанализированы списки литературы в релевантных публикациях, а также материалы специализированной монографии. В итоговый анализ включены 35 источников (в том числе одна монография), полностью соответствовавших критериям отбора (метаанализы, рандомизированные контролируемые и когортные исследования). Практический алгоритм сформирован на основании экспертной оценки обобщенных данных литературы.*

***Результаты.** Согласно данным метаанализов, мТЛЦ и НВЦФК обеспечивают сопоставимый гипотензивный эффект: преимущество НВЦФК не превышает 5–10%. При этом мТЛЦ характеризуется существенно более благоприятным профилем безопасности – риск стойкой гипотонии и потери зрения снижается в 3–5 раз; случаи фтизиса при использовании мТЛЦ не зафиксированы. Морфометрические исследования свидетельствуют о ремоделирующем, а не деструктивном характере воздействия на фоне применения микроимпульсного режима.*

В педиатрической практике эффективность обоих методов сопоставима, однако НВЦФК ассоциируется с повышенным риском возникновения осложнений. Это делает предпочтительным применение мТЛЦ в детской офтальмологии, хотя НВЦФК способна обеспечивать более стойкий контроль внутриглазного давления (ВГД). При неоваскулярной глаукоме НВЦФК демонстрирует тенденцию к более эффективному долгосрочному снижению уровню ВГД, но сопровождается менее благоприятным профилем безопасности.

***Выводы.** Микроимпульсная транссклеральная лазерная циклопластика является методом выбора при глаукоме с сохраненными зрительными функциями, включая начальные стадии и глаукому у детей. НВЦФК остается методом выбора в терминальных стадиях.*

***Ключевые слова:** микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция, непрерывно-волновая циклофотокоагуляция, глаукома, метаанализ, цилиарное тело*

Введение

Транссклеральная диодная непрерывно-волновая циклофотокоагуляция (НВЦФК) на протяжении более двух десятилетий считалась основным циклодеструктивным вмешательством при рефрактерной глаукоме [1]. В Кокрейновском обзоре 2019 г. подтверждена способность НВЦФК снижать уровень внутриглазного давления (ВГД) на 40–50% от исходного, однако указано на дозозависимый риск серьезных осложнений: стойкую гипотонию (5–18%), хронический увеит, макулярный отек и субатрофию (3,3%) глазного яблока [1, 2]. Эти ограничения препятствовали широкому применению НВЦФК при глаукоме с сохраненными зрительными функциями. Метод использовали при терминальных стадиях.

С внедрением микроимпульсной технологии (примерно с 2015 г.) подходы к циклодеструкции претерпели существенные изменения. Режим

MicroPulse®, генерирующий повторяющиеся короткие импульсы с длительными паузами, позволяет селективно воздействовать на пигментный эпителий цилиарных отростков без активного термического некроза [3, 4]. Эволюция методов циклодеструкции от истоков до современных техник, а также прямое сравнение эффективности и безопасности непрерывно-волновой и микроимпульсной циклофотокоагуляции подробно освещены в обзоре B. Vidal-Villegas и соавт. [5]. В обзорных работах микроимпульсную циклофотокоагуляцию (мЦФК) все чаще рассматривают не как метод последнего шанса, а как процедуру, способную конкурировать с классическими хирургическими подходами на развитой и далеко зашедшей стадиях глаукомы [6]. В России значительный вклад в развитие метода внес И.Э. Иошин, разработавший оригинальные протоколы лечения различных стадий глаукомы и обосновавший новое название операции; эти протоколы описаны в монографии «Микроимпульсная циклофотокоагуляция» [7].

Цель – систематизировать данные о биофизических механизмах и клинической эффективности двух методик, оценить доказательную базу с учетом ее гетерогенности и ограничений, а также сформировать на основании полученных результатов практический алгоритм выбора тактики лечения.

Материал и методы

Поиск необходимой литературы за период 2017–2026 гг. осуществлялся в базе данных PubMed по ключевым словам и их комбинации: micropulse transscleral cyclophotocoagulation (микроимпульсная трансскле-ральная циклофотокоагуляция), continuous-wave cyclophotocoagulation (непрерывно-волновая циклофотокоагуляция), glaucoma (глаукома), meta-analysis (метаанализ), ciliary body (цилиарное тело). Дополнительно проанализированы списки цитируемой литературы из релевантных публикаций, а также материалы специализированной монографии [7].

Критерии включения:

- сравнительные исследования эффективности и безопасности мЦФК и НВЦФК;
- метаанализы, систематические обзоры, крупные серии случаев ($n \geq 15$);
- публикации, содержащие данные о гипотензивном эффекте, профиле безопасности, осложнениях или механизмах действия.

Критерии исключения:

- экспериментальные исследования *in vitro*;
- описания отдельных клинических случаев (за исключением глаукомы при синдроме Стерджа – Вебера).

Для анализа отобрано 35 публикаций, в том числе одна монография, полностью соответствовавших критериям включения.

Практический алгоритм сформирован на основании экспертной оценки обобщенных данных литературы. Критериями для дифференцированного выбора методики служили наличие зрительных функций, стадия глаукомы, возраст пациента и профиль безопасности вмешательства.

Результаты

Технические платформы и биофизические основы

Лазерные системы и параметры излучения. НВЦФК выполняется диодным лазером с длиной волны 810 нм с использованием контактного зонда G-Probe. Стандартный протокол включает 16–20 аппликаций продолжительностью 2–4 с при мощности 1500–2500 мВт [8]. Непрерывное воздействие приводит к быстрому повышению температуры ткани выше порога коагуляционного некроза (≈60–70 °C) на всю глубину цилиарного тела. Микроимпульсная трансскле-ральная лазерная циклопластика (мТЛЦ) обычно проводится с мощностью в диапазоне 2000–2500 мВт, однако благодаря микроимпульсному режиму средняя поглощенная энергия существенно ниже [7]. Настройки лазера программируются следующим образом: мощность – 2000 мВт, рабочий цикл – 31,33%, импульсы длительностью 0,5 мс чередуются с паузами 1,1 мс [9]. Принципиальное отличие от НВЦФК – техника непрерывного скольжения зонда, а не статичных аппликаций [6, 7, 10]. Отдельного упоминания заслуживает модификация медленной коагуляции, использующая сниженную мощность при увеличенной экспозиции для получения мягкого коагулята [11].

Плотность потока энергии как ключевой параметр мТЛЦ. Традиционно основным параметром считали суммарную энергию (Дж). Однако в ряде работ показано, что более информативным показателем является плотность потока энергии (Дж/см²) [7, 12]. В модифицированном протоколе, предложенном И.Э. Иошиным и соавт., расчетный поток энергии составляет 121,8 Дж/см², что достигается при мощности 2000 мВт, рабочем цикле 31,3%, суммарном времени 200 с и разделении глазной поверхности на четыре квадранта [12]. Согласно этим данным, при развитой и далеко зашедшей стадиях первичной открытоугольной глаукомы уровень ВГД снижается в среднем на 30% от исходного, при терминальной – на 20%; компенсация ВГД к 12 месяцам наблюдения отмечается в 81,3% случаев. E. Bernardi и M. Töteberg-Harms на выборке из 197 глаз (150 – НВЦФК, 47 – мТЛЦ) показали, что 12-месячная эффективность сопоставима – 88,6 и 87,5% соответственно ($p = 0,883$) [13]. Снижение ВГД в группе НВЦФК составило 45,9% (с 28,3 до 15,3 мм рт. ст.), в группе мТЛЦ – 28,6% (с 22,0 до 15,7 мм рт. ст.) [13].

Характер термического повреждения и связанные с ним морфологические исходы. При НВЦФК происходит коагуляционный некроз. Гистологически определяются обширные зоны разрушения стромы цилиарных отростков [9]. Микроимпульсный режим обеспечивает принципиально иной характер нагрева тканей: температура в меланин-содержащих гранулах достигает 45–55 °C, что достаточно для индукции апоптоза, но ниже порога немедленного некроза [7]. Электронная микроскопия выявила истончение и прерывистость пигментного эпителия цилиарного тела после мТЛЦ при отсутствии обширного некроза [14]. Данные оптической когерентной томографии и ультразвуковой биомикроскопии демонстрируют

незначительное уплощение цилиарных отростков без признаков грубой деструкции [7]. На этом основании был предложен термин мТЛЦ [15].

Опыт хирурга и роль пигментации цилиарного тела. Микроимпульсная технология технически проще и менее критична к точности позиционирования зонда, что сокращает период освоения. Однако из-за отсутствия видимых изменений тканей во время процедуры оценка интраоперационной эффективности затруднена; большинство неудач на этапе освоения, вероятно, связано с недостаточной энергией воздействия. Эффективность обеих методик зависит от степени пигментации цилиарного тела – одного из главных источников гетерогенности результатов. Раса (афроамериканцы) и темная пигментация радужки и цилиарного тела требуют снижения энергии лазера или сокращения времени воздействия [8]. При слабой пигментации поглощение энергии снижено, что требует коррекции протокола. Исследователи подчеркивают необходимость индивидуального подбора параметров с учетом анатомических особенностей пациента [7].

Механизмы снижения внутриглазного давления

Более щадящий характер микроимпульсного воздействия обеспечивает сопоставимый или даже лучший контроль ВГД и, что особенно важно, уменьшает воспалительную реакцию по сравнению с традиционной НВЦФК [16]. Традиционно гипотензивный эффект НВЦФК объясняли сочетанием сокращения продукции водянистой влаги и усиления увеосклерального оттока за счет ишемического повреждения цилиарной мышцы [6]. Механизм мТЛЦ в большей степени опосредован дозированным тепловым воздействием и ремоделированием путей оттока. Сохранение жизнеспособности секреторного эпителия на фоне селективного повреждения пигментного слоя позволяет пересмотреть представление о микроимпульсной циклофотокоагуляции как о сугубо деструктивной процедуре [7]. Апоптоз пигментного эпителия и последующее ремоделирование путей оттока, опосредованное высвобождением цитокинов и матриксных металлопротеиназ, описаны в ряде обзорных работ [7]. В исследовании O. Tekeli и соавт. показано, что после мТЛЦ значения опалесценции влаги в передней камере существенно ниже, чем после НВЦФК, что свидетельствует о меньшей воспалительной реакции [17]. Именно поэтому предложенный в отечественных публикациях термин мТЛЦ точнее отражает суть вмешательства [15]. В проспективном исследовании L.F. Keidel и соавт. через семь дней после НВЦФК отмечались более высокий уровень опалесценции влаги в передней камере и более выраженное увеличение толщины центральной зоны макулы по сравнению с мТЛЦ ($p < 0,01$), что коррелировало с более выраженной воспалительной реакцией [18].

Клиническая эффективность

Результаты метаанализов и систематических обзоров. По данным метаанализа M.P. Chavez и соавт., мТЛЦ и НВЦФК обеспечивают сопоставимое снижение ВГД через 12 месяцев, однако мТЛЦ ассоциируется с меньшим риском развития гипотонии, затяжного воспаления и фтизиса [19]. В педиатрической популяции, согласно метаанализу J. Abbas и соавт., НВЦФК может обеспечивать более стойкое снижение ВГД, однако мТЛЦ демонстрирует значительно лучший профиль безопасности [20]. Систематический обзор C.A.P. Johansyah и соавт. также показал сопоставимые показатели снижения ВГД для обеих процедур при меньшей частоте осложнений в группе мТЛЦ [21]. Метаанализ N. Narainswami и соавт. продемонстрировал, что методика медленной транссклеральной циклофотокоагуляции снижает ВГД эффективнее, чем мТЛЦ, и по гипотензивному эффекту сопоставима с НВЦФК; по профилю безопасности приближается к мТЛЦ [11].

Данные прямых сравнительных исследований. В исследовании J. Liu и соавт. НВЦФК требовала меньше гипотензивных препаратов на протяжении всего периода наблюдения по сравнению с мТЛЦ ($p = 0,049$) [22]. В подгруппе неоваскулярной глаукомы НВЦФК продемонстрировала тенденцию к более высокому долгосрочному контролю ВГД, но с существенно худшим профилем безопасности [23]. Исследование A. Gaulier и соавт. показало эффективность в 54% (мТЛЦ) и 69% случаев (НВЦФК) при медиане наблюдения 16 месяцев ($p = 0,720$) [24]. Стойкая гипотония статистически значимо чаще встречалась в группе НВЦФК (8% против 2%). В сравнительном исследовании S. Fili и соавт. (30 глаз, по 15 в группе) целевое снижение ВГД (> 30%) достигнуто у 53,3% в группе мТЛЦ и у 60% в группе НВЦФК; профиль безопасности был лучше в группе мТЛЦ [10]. Исследование E. Ertan и M. Uran ($n = 143$) показало значительное снижение ВГД через 12 месяцев (с 35,9 до 16,2 мм рт. ст.; $p < 0,001$) с приемлемым профилем безопасности: осложнения, преимущественно легкие и транзиторные, возникли в 10,9% случаев [25]. В метаанализе Q. Ling и соавт., обобщившем результаты 386 пациентов, также подтверждено, что мТЛЦ эффективно снижает ВГД и количество гипотензивных препаратов в течение 12 месяцев наблюдения. При этом мТЛЦ продемонстрировала достоверно более низкий риск повторных вмешательств и осложнений, включая гипотонию и длительный увеит, что подтверждает ее преимущество перед НФЦФК в отношении безопасности [26]. Обобщенные данные сравнительных исследований представлены в таблице.

Особые группы пациентов

Глаукома у детей. В сравнительном исследовании M. Vega-Garces и соавт. (81 глаз, 28 детей) обе методики продемонстрировали краткосрочную эффективность, однако через 12 месяцев уровень ВГД практически вернулся к исходному [27]. Успешность через 12 месяцев составила 22% для мТЛЦ и 27% для НВЦФК. Осложнения были минимальными в обеих группах. В более ранней работе в группе мТЛЦ не отмечалось значимых осложнений, тогда как в группе НВЦФК в одном случае развился фтизис, в двух – выраженная боль и увеит [28]. Частота улучшения составила 71% в группе мТЛЦ и 46% в группе НВЦФК ($p = 0,1$). N. Balbaid и соавт. (серия случаев –

Ключевые сравнительные исследования мТЛЦ и НВЦФК

Исследование	Дизайн, n (мТЛЦ/НВЦФК)	Параметры мТЛЦ	Период наблюдения	Ключевые результаты
S. Fili и соавт. (2022) [10]	Ретроспективное, 30 (15/15)	100–150 Дж	12 мес.	Снижение ВГД >30% у 53,3% (мТЛЦ) против 60% (НВЦФК); лучшая безопасность мТЛЦ
Liu J. и соавт. (2026) [22]	Ретроспективное, 232 (114/118)	151 Дж	24 мес.	Тенденция к лучшим результатам при НВЦФК ($p < 0,04$ на 6 и 18 мес.); НВЦФК значительно сокращала количество принимаемых лекарственных средств ($p = 0,049$); сопоставимая частота гипотонии (12% против 9,6%; $p = 0,73$)
M. Zemba и соавт. (2022) [23]	Ретроспективное, 46 (24/22)	–	12 мес.	НВЦФК – более высокий (статистически незначимый) долгосрочный контроль ВГД, но существенно худший профиль безопасности
A. Gaulier и соавт. (2025) [24]	Проспективное, 63 (37/26)	–	16 мес.	Эффективность: мТЛЦ 54% против НВЦФК 69% ($p = 0,720$); гипотония: 2% против 8%

44 глаза) наблюдали общее улучшение в 47,5% случаев через шесть месяцев и в 53,5% через год [29]. В исследовании T. Yoshida и соавт. (29 глаз) отмечалось снижение уровня ВГД на 9,8 мм рт. ст. через месяц и на 7,4 мм рт. ст. через шесть месяцев ($p < 0,01$) [30]. Однако повторная операция потребовалась в 65,5% случаев, в том числе в 58,6% – в течение первого года. При синдроме Стерджа – Вебера мТЛЦ в отличие от других вмешательств может служить эффективным и безопасным первым этапом лечения благодаря быстрому снижению ВГД [31].

Неоваскулярная глаукома. В исследовании M. Zemba и соавт. выявлено статистически значимое различие в частоте серьезных осложнений (снижение остроты зрения, гипотония и фтизис глазного яблока) между двумя методами: НВЦФК ассоциировалась с более выраженными нежелательными явлениями ($p = 0,045$) [23]. Зафиксировано снижение количества местных гипотензивных препаратов в обеих группах: в группе мТЛЦ с исходных 2,6 до 1,7 через три месяца с последующим небольшим повышением до 2,1 к 12 месяцам, в группе НВЦФК – с 2,8 до 1,4 через три месяца и до 1,9 к 12 месяцам. НВЦФК показала тенденцию к более высокому долгосрочному контролю ВГД при неоваскулярной глаукоме, но с худшим профилем безопасности [23].

Глаукома, индуцированная силиконовым маслом. В проспективном исследовании W. Zbiba и соавт. в 33 глазах с неконтролируемой глаукомой после тампонады силиконовым маслом мТЛЦ позволила снизить уровень ВГД с 37,9 ± 13,6 до 19,7 ± 9,6 мм рт. ст. через 12 месяцев (на 45%, $p < 0,001$). Клинический успех (уровень ВГД ≤ 21 мм рт. ст. и снижение > 20%) достигнут в 93,9% случаев [32]. Гипотензивный эффект не зависел от наличия силиконового масла в витреальной полости или его предшествующего удаления ($p = 0,99$) [32]. Z. Szilagyi и соавт., проанализировав ретроспективно серию из 11 глаз с рефрактерной вторичной глаукомой после витрэктомии с тампонадой силиконовым маслом, сообщили об успешном снижении ВГД благодаря мТЛЦ в 72% случаев через 24 месяца ($p = 0,004$); частота повторных вмешательств составила 27% [33]. В качестве альтернативы при недоступности микроимпульсного лазера может применяться медленная транссклеральная циклофотокоагуляция. В исследовании M.M. Khodeiry и соавт. на 18 глазах с индуцированной силиконовым маслом глаукомой медленная транссклеральная циклофотокоагуляция (1250 мВт, 4 с) способствовала снижению уровня ВГД с 29, 7 ± 9,6 до 14,6 ± 6,5 мм рт. ст. через 12 месяцев ($p < 0,001$); количество принимаемых гипотензивных препаратов уменьшилось с 4,2 до 1,9 [34].

Обсуждение

От циклодеструкции к циклопластике. Основанием для предложения термина «микроимпульсная транссклеральная лазерная циклопластика» послужили результаты морфометрических исследований, которые выявили лишь незначительное уплощение цилиарных отростков без грубой деструкции [7, 15].

Сравнение с минимально инвазивной хирургией глаукомы (minimally invasive glaucoma surgery, MIGS). В обзоре M.M. Khodeiry и соавт. циклофотокоагуляция, в частности мТЛЦ, рассматривается как минимально инвазивный метод, занимающий промежуточное положение между медикаментозной и лазерной терапией и более травматичными фильтрационными операциями [35]. мТЛЦ имеет преимущества перед MIGS: отсутствие имплантата, возможность выполнения при любых формах глаукомы, неинвазивность и меньшая стоимость.

Ограничения доказательной базы. Протоколы микроимпульсной циклофотокоагуляции остаются нестандартизированными [11]. В метаанализах отмечается высокая гетерогенность ($I^2 > 60\%$), а большинство исследований представляют собой ретроспективные когортные работы.

Качество жизни и экономические аспекты. В проспективном исследовании L.F. Keidel и соавт. меньший послеоперационный воспалительный ответ коррелировал с более высокой удовлетворенностью пациентов после мТЛЦ [18]. Снижение частоты повторных госпитализаций при использовании микроимпульсной технологии [25] также указывает на потенциальную экономию ресурсов.

Практический алгоритм выбора тактики.

1. Микроимпульсная транссклеральная лазерная циклопластика показана в первую очередь:
   - пациентам с сохранной остротой зрения и любой стадией глаукомы, включая начальную;

- детям с рефрактерной глаукомой (предпочтительно ввиду лучшего профиля безопасности);
- при неоваскулярной глаукоме без выраженного снижения зрения;
- в ситуациях, когда вероятны повторные вмешательства.

2. НВЦФК сохраняет актуальность:
- при терминальной стадии глаукомы с болевым синдромом;
- при невозможности приобретения аппарата для мТЛЦ.

3. Медленная транссклеральная циклофотокоагуляция может рассматриваться как альтернатива при недоступности мТЛЦ, однако по совокупности данных она уступает мТЛЦ по соотношению «риск – польза» [11].

Заключение

Микроимпульсная транссклеральная лазерная циклопластика зарекомендовала себя как безопасная и эффективная альтернатива НВЦФК. При несколько меньшей продолжительности гипотензивного эффекта мТЛЦ демонстрирует существенно лучший профиль безопасности: риск стойкой гипотонии и потери зрения снижается в 3–5 раз, случаев фтизиса не регистрируется. Морфометрические данные позволяют рассматривать метод как ремоделирующий ткани цилиарного тела, что расширяет его применение при начальных, развитых и далеко зашедших стадиях глаукомы, а также в педиатрической практике. НВЦФК сохраняет свои позиции в схеме лечения терминальных стадий глаукомы с болевым синдромом.

Литература

1. Chen M.F., Kim C.H., Coleman A.L. Cyclodestructive procedures for refractory glaucoma. Cochrane Database Syst. Rev. 2019; 3 (3): CD012223.
2. Scott T.M., Ting E.R., Vincent S.J., Lee G.A. Long-term limitations and complications of trans-scleral diode laser cycloablation for refractory glaucoma. Clin. Exp. Ophthalmol. 2023; 51 (2): 131–136.
3. Ma A., Yu S.W.Y., Wong J.K.W. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: a literature review. Surv. Ophthalmol. 2019; 64 (4): 486–497.
4. Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. Med. Hypothesis Discov. Innov. Ophthalmol. 2018; 7 (3): 103–108.
5. Vidal-Villegas B., Miralles de Imperial-Ollero J.A., Villegas-Pérez M.P. Cyclodestruction and cyclophotocoagulation: where are we? Arch. Soc. Esp. Oftalmol. (Engl. Ed.). 2024; 99 (11): 493–503.
6. Anand N., Klug E., Nirappel A., Solá-Del Valle D. A review of cyclodestructive procedures for the treatment of glaucoma. Semin. Ophthalmol. 2020; 35 (5–6): 261–275.
7. Иошин И.Э. Микроимпульсная циклофотокоагуляция. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Офтальмология, 2024.
8. Souissi S., Le Mer Y., Metge F., et al. An update on continuous-wave cyclophotocoagulation (CW-CPC) and micropulse transscleral laser treatment (MP-TLT) for adult and paediatric refractory glaucoma. Acta Ophthalmol. 2021; 99 (5): e621–e653.
9. Ndulue J.K., Rahmatnejad K., Sanvicente C., et al. Evolution of cyclophotocoagulation. J. Ophthalmic Vis. Res. 2018; 13 (1): 55–61.
10. Fili S., Vastardis I., Perdikakis G., Kohlhaas M. Transscleral cyclophotocoagulation with MicroPulse® laser versus cyclophotocoagulation with continuous diode laser in patients with open-angle glaucoma. Int. Ophthalmol. 2022; 42 (2): 525–539.
11. Narainswami N., Chavez M.P., Sperotto P.H.F., et al. Slow-coagulation cyclophotocoagulation versus conventional continuous wave cyclophotocoagulation and micropulse cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma: a systematic review and meta-analysis. J. Glaucoma. 2026; 5 (7): 485–492.
12. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В. Критерии выбора энергии микроимпульсной транссклеральной циклофотокоагуляции. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (4): 18–23.
13. Bernardi E., Töteberg-Harms M. Micropulse transscleral laser therapy demonstrates similar efficacy with a superior and more favorable safety profile compared to continuous-wave transscleral cyclophotocoagulation. J. Ophthalmol. 2022; 2022: 8566044.
14. Баум О.И., Гамидов А.А., Федоров А.А. и др. Сравнительная оценка лазерного транссклерального воздействия в условиях анатомического эксперимента. Вестник офтальмологии. 2024; 140 (3): 19–26.
15. Иошин И.Э. Микроимпульсная транссклеральная лазерная циклопластика (мТЛЦ) – новое название микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК). Российский офтальмологический журнал. 2024;17 (3): 85–89.
16. Amoozgar B., Phan E.N., Lin S.C., Han Y. Update on ciliary body laser procedures. Curr. Opin. Ophthalmol. 2017; 28 (2): 181–186.
17. Tekeli O., Köse H.C. Comparison of aqueous flare values after micropulse transscleral laser treatment and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. Ocul. Immunol. Inflamm. 2023; 31 (3): 541–549.
18. Keidel L.F., Eckardt F., Nobl M., et al. Inflammation and patient satisfaction in micropulse versus continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. Br. J. Ophthalmol. 2025; 109 (10): 1132–1137.
19. Chavez M.P., Guedes G.B., Pasqualotto E., et al. Micropulse transscleral laser treatment versus continuous wave transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma or ocular hypertension: a meta-analysis. J. Glaucoma. 2025; 34 (8): 575–584.
20. Abbas J., Abbas G.M., Maaz M., et al. Micropulse cyclophotocoagulation versus continuous wave cyclophotocoagulation: a meta-analysis. J. Glaucoma. 2026; 35 (4): 261–266.

21. Johansyah C.A.P., Bambang L. A Systematic review of cyclophotocoagulation techniques: continuous wave versus micropulse for glaucoma treatment. Beyoglu Eye J. 2024; 9 (1): 1–7.
22. Liu J., Tabassum T., Shen Yu., et al. Comparison of micropulse and continuous-wave transscleral cyclophotocoagulation: a tertiary center experience. Can. J. Ophthalmol. 2026; 61 (4): 846–855.
23. Zemba M., Dumitrescu O.M., Vaida F., et al. Micropulse vs. continuous wave transscleral cyclophotocoagulation in neovascular glaucoma. Exp. Ther. Med. 2022; 23 (4): 278.
24. Gaulier A., Vabres B., Cornée C., et al. Efficacy and safety of micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in treating glaucoma. J. Fr. Ophtalmol. 2025; 48 (9): 104647.
25. Ertan E., Uran M. Transscleral diode cyclophotocoagulation for refractory glaucoma: real-world efficacy and safety. Int. Ophthalmol. 2026; 46 (1): 211.
26. Ling Q., Cai Z., Zhang X., Duan X. The efficacy and safety of micropulse transscleral laser treatment in glaucoma: a systematic review and meta-analysis. BMC Ophthalmol. 2023; 23 (1): 263.
27. Vega-Garces M., Uppuluri S., Oydanich M., Khouri A.S. Comparison of efficacy of micropulse and continuous wave cyclophotocoagulation in patients with pediatric glaucoma. J. Glaucoma. 2024; 33 (2): 126–131.
28. Abdelrahman A.M., El Sayed Y.M. Micropulse versus continuous wave transscleral cyclophotocoagulation in refractory pediatric glaucoma. J. Glaucoma. 2018; 27 (10): 900–905.
29. Balbaid N., AlJodai M., Fairaq G., et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation (MP-CPC): efficacy endpoints for the treatment of refractory paediatric glaucoma – a retrospective case-series. BMC Ophthalmol. 2024; 24 (1): 91.
30. Yoshida T., Yokoi T., Anzai H., et al. Outcomes of micropulse cyclophotocoagulation for refractory glaucoma in children. Jpn. J. Ophthalmol. 2026; 70 (4): 765–772.
31. Cañas Costa J., Newball L., Moro Muñiz M., et al. Micropulse transscleral diode laser for pediatric glaucoma in Sturge – Weber syndrome: a bridge therapy to other treatments. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. (Engl. Ed.). 2026; 101 (2): 502456.
32. Zbiba W., Sayadi S., Kharrat M., Daoued M. Efficacy and safety of micropulse transscleral laser therapy in silicone oil-induced glaucoma. J. Glaucoma. 2022; 31 (8): 689–693.
33. Szilagyi Z., Kranitz K., Nagy Z.Z., Recsan Z. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation results in secondary glaucoma. Life (Basel). 2023; 13 (5): 1149.
34. Khodeiry M.M., Liu X., Sheheitli H., et al. Slow coagulation transscleral cyclophotocoagulation for postvitrectomy patients with silicone oil-induced glaucoma. J. Glaucoma. 2021; 30 (9): 789–794.
35. Khodeiry M.M., Elhusseiny A.M., Liu X., et al. Cyclophotocoagulation as a minimally invasive treatment option for glaucoma. Int. Ophthalmol. Clin. 2023; 63 (4): 125–135.

Micropulse Versus Continuous-Wave Transscleral Cyclophotocoagulation: a Comparative Analysis

E.V. Snitkina, O.M. Andryukhina, PhD, I.A. Loskutov, PhD

Moscow Regional Research and Clinical Institute

Contact person: Elena V. Snitkina, lena_snitkina@mail.ru

Objective *– to systematize data on the biophysical mechanisms, clinical efficacy, and safety of micropulse transscleral laser cycloplasty (MP-TLC) and continuous-wave cyclophotocoagulation (CW-CPC) and, based on the results obtained, to develop a practical algorithm for selecting treatment tactics.*
Material and methods. *A systematic search of studies in the PubMed database for 2017–2026 was conducted. Reference lists in relevant publications and materials from a specialized monograph were additionally analyzed. The final analysis included 35 sources (including one monograph) that fully met the selection criteria (meta-analyses, randomized controlled trials, and cohort studies). The practical algorithm was formed on the basis of expert assessment of the summarized literature data.*
Results. *According to meta-analysis data, MP-TLC and CW-CPC provide a comparable hypotensive effect: the advantage of CW-CPC does not exceed 5–10%. At the same time, MP-TLC is characterized by a substantially more favorable safety profile – the risk of persistent hypotony and vision loss is reduced by 3–5 times; cases of phthisis with the use of MP-TLC have not been recorded. Morphometric studies indicate a remodeling rather than destructive nature of the effect with the use of the micropulse mode.*
In pediatric practice, the efficacy of both methods is comparable; however, CW-CPC is associated with an increased risk of complications. This makes the use of MP-TLC preferable in pediatric ophthalmology, although CW-CPC can provide more sustained intraocular pressure (IOP) control. In neovascular glaucoma, CW-CPC demonstrates a tendency toward more effective long-term IOP reduction, but is accompanied by a less favorable safety profile.
Conclusions. *MP-TLC is the method of choice for glaucoma with preserved visual functions, including early stages and glaucoma in children. CW-CPC remains the method of choice in terminal stages.*

Keywords: *micropulse transscleral cyclophotocoagulation, continuous-wave cyclophotocoagulation, glaucoma, meta-analysis, ciliary body*