

Микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция: современный подход к лечению глаукомы

Петров С. Ю.¹

д.м.н., начальник, отдел глаукомы

Журавлева А. Н.¹

к.м.н., научный сотрудник, отдел глаукомы

Косакян С. М.¹

к.м.н., врач, отдел глаукомы

Василенкова Л. В.¹

к.м.н., научный сотрудник, отдел глаукомы

1 – ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия

Автор для корреспонденции: Журавлева Анастасия Николаевна; **e-mail:** zh.eye@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

В статье представлена новая лазерная технология в лечении глаукомы с применением микроимпульсного лазера (MicroPulse). Описаны методика, оптимальные энергетические режимы, дифференциальные показания, противопоказания, сроки лазерного вмешательства, эффективность лечения, осложнения. Показан ряд преимуществ, альтернативность и безопасность данного метода в сравнении с другими традиционными лазерными циклодеструктивными вмешательствами. На основании описанных в литературе данных клинических и морфологических исследований сделан вывод о высокой эффективности и безопасности данной технологии в лечении первичной открытоугольной глаукомы на различных стадиях и рефрактерных форм глаукомы. Показана перспективность дальнейшего расширенного изучения микроимпульсной трансклеральной циклофотокоагуляции в лечении сочетанной с глаукомой патологии и других глазных заболеваний.

Ключевые слова: глаукома, рефрактерная глаукома, циклодеструктивные вмешательства, микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция

doi: 10.29234/2308-9113-2021-9-1-24-35

Для цитирования: Петров С. Ю., Журавлева А. Н., Косакян С. М., Василенкова Л. В. Микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция: современный подход к лечению глаукомы. *Медицина* 2021; 9(1): 24-35.

Разработка циклодеструктивных вмешательств для лечения рефрактерной глаукомы ведется с 1930 гг. К первым подобным вмешательствам относятся криокоагуляция, бета-облучение и циклоэлектролиз [4,5,8,13,25]. В 1972 г. Векман и соавт. выполнили первую трансклеральную циклофотокоагуляцию (ТСЦФК) рубиновым лазером (693 нм) [3]. Brancato и соавт. разработали аналогичную методику циклофотокоагуляции с использованием неодимового лазера на алюмоиттриевом гранате (Nd:YAG) с длиной волны 1064 нм. Эта методика имела меньше побочных эффектов, чем описанные ранее [7]. В 1990 гг. стандартным прибором для выполнения ТСЦФК стал полупроводниковый

диодный лазер (810 нм) благодаря своей портативности и относительно небольшой частоте осложнений [11]. В ходе данной манипуляции наконечником лазера проводят по склере («техника скольжения»), доставляя таким образом энергию лазера трансклеральным путем к наружному пигментному слою эпителия цилиарного тела (ЦТ). Однако термальная энергия высокоэнергетического лазера должна быть доставлена до структур ЦТ, при этом «высокая» энергия повышает риск таких осложнений как: иридоциклит, гифема, гемофтальм, увеит, эндотелиально-эпителиальная дистрофия роговицы, гипертензия, отслойка сосудистой оболочки, гипотония вплоть до субатрофии глазного яблока, потери зрения и симпатической офтальмии [27]. Причинами подобных осложнений могут быть: неконтролируемость лазерной энергии, отягощенный анамнез. Также в экспериментальных исследованиях на кроликах было показано, что причиной гипотонии и субатрофии глазного яблока является послеоперационная ишемия, вызванная тромбозом сосудов ЦТ после трансклеральных процедур [18], что особенно выражено при уже имеющейся атрофии ЦТ. Учитывая вышеизложенное, данная методика применяется при рефрактерной глаукоме с низким зрением.

В 1992 г. Martin Uram предложил процедуру эндоскопической циклофотокоагуляции (ЭЦФК), которая выполняется из интраокулярного доступа, что обеспечивает хорошую визуализацию и, как следствие, прямую фотокоагуляцию цилиарного тела под эндоскопическим контролем [31]. Благодаря своей способности селективно доставлять лазерную энергию и более щадящему воздействию на ЦТ, ЭЦФК характеризуется меньшей частотой осложнений по сравнению с традиционной ТСЦФК [30]. С другой стороны, ЭЦФК следует расценивать как инвазивную процедуру, которая сопряжена как с техническими сложностями, так и с риском необратимой гипотонии.

В последние годы на первый план в лечении рефрактерной глаукомы выходит микроимпульсная циклофотокоагуляция (мЦФК), которая обеспечивает локальную доставку лазерной энергии с минимальным повреждением окружающих тканей. Это позволяет добиться сходного гипотензивного эффекта при меньшей частоте осложнений по сравнению с другими видами циклодеструктивных воздействий [29].

Механизм действия

В процессе ТСЦФК высокоинтенсивная лазерная энергия непрерывно поступает к цилиарному телу. Хотя ТСЦФК является эффективным способом снижения ВГД при рефрактерной глаукоме, она зачастую рассматривается как крайняя мера из-за присущего ей риска серьезных осложнений – снижения остроты зрения, гипотонии, симпатической офтальмии и субатрофии глазного яблока [15,20,24,26]. Эти осложнения считаются следствием повреждения окружающих тканей из-за рассеивания термальной энергии [23]. Ограничения классической методики привели к появлению новой технологии – микроимпульсной ТСЦФК (мЦФК), в процессе выполнения которой используется

специальный зонд, доставляющий серию повторяющихся импульсов лазерной энергии сверхмалой длительности к ЦТ в режиме «on-off». Во время цикла «on» световые импульсы (длина волны 810 нм) поглощаются меланином пигментного эпителия ЦТ. Во время цикла «off» соседние структуры остывают, что защищает их от термального повреждения [29]. Благодаря такому подходу, который позволяет более точно контролировать фототермические эффекты, окружающие ткани страдают меньше, а в результате снижается риск осложнений при сохранении гипотензивного эффекта [1,22,26,29,32].

Как и в случае ТСЦФК с непрерывным режимом излучения, снижение ВГД после мЦФК происходит в результате разрушения структур ЦТ, отвечающих за продукцию водянистой влаги, хотя специфические точки приложения действия излучения окончательно не определены. Результаты исследований методики классической ТСЦФК на животных свидетельствуют о том, что циклофотокоагуляция складчатой и плоской части ЦТ приводит к снижению ВГД за счет подавления выработки водянистой влаги и усиления увеосклерального оттока [23]. В случае мЦФК основной гипотензивный эффект достигается за счет усиления увеосклерального оттока, а также в результате избирательного повышения температуры в клетках пигментного эпителия ЦТ, что вызывает активацию внутриклеточных метаболических процессов, способствующих усилению внутриклеточного транспорта веществ, активации синтеза биологических факторов, резорбции жидкости, что, в конечном счете, приводит к снижению ВГД [10,19]. В экспериментальных работах Баум О.И. (2016) было показано влияние микроимпульсного лазера на гидропроницаемость склеры и структурные изменения фиброзной оболочки глазного яблока. В других работах показана способность лазера активировать фактор пигментного эпителия, обладающего антиангиогенной активностью (PEDF), а также нейропротекторными и нейротрофическими свойствами [10,19].

Методика

До настоящего времени методика мЦФК не стандартизована, но, в целом, процедура аналогична классической ТСЦФК. При этом, в отличие от первой, технология MicroPulse позволяет распределить непрерывный лазерный луч на последовательные импульсы – ширину (on time) и «интервал» (off time), что дает возможность контролировать фототермические эффекты в тканях. Во время on-time цикла лазерное излучение воздействует на ткань, off-time цикл позволяет охлаждать ткани до последующего импульса. В лазерах с непрерывной волной излучения температура контролируется путем регулирования хирургом продолжительности и мощности и лазерного воздействия.

После ретробульбарной или субтеноновой анестезии диодный лазерный зонд (длина волны 810 нм) располагают перпендикулярно лимбу, постоянно удерживая его в плотном контакте «эффект скольжения» [2]. Устанавливают режим микроимпульсного излучения с

заданной продолжительностью циклов «on» и «off». В большинстве рецензируемых публикаций рекомендуется рабочий цикл 31,3%, при котором продолжительность режима «on» составляет 0,5 мсек, а режима «off» – 1,1 мсек на цикл. Уровень энергии варьирует от 1600 мВт до 2000 мВт, чаще всего он составляет 2000 мВт. Наконечник перемещают по верхнему и/или нижнему лимбу по меридиану 180° или 360°, избегая позиций на 3 и 9 часах, чтобы не повредить сосудисто-нервные структуры цилиарного тела [16]. Продолжительность одной сессии варьирует в пределах от 100 сек. до 360 сек. [2,12,16,17,29].

Эффективность

Одно из последних рандомизированных исследований, в ходе которого сравнивали эффективность мЦФК и ТСЦФК с непрерывным режимом излучения в группе из 48 пациентов с рефрактерной глаукомой, было проведено Aquino и соавт. [2]. В ходе этого исследования использовались стандартные настройки – уровень энергии 2000 мВт, длина волны лазера 810 нм, длительность 100 сек. Через 18 месяцев у 52% пациентов группы мЦФК и у 30% пациентов группы ТСЦФК сохранялся уровень ВГД в диапазоне 6-21 мм рт. ст. (снижение как минимум на 30% относительно предоперационных показателей). В обеих группах зафиксировано снижение исходного значения ВГД (36,5 мм рт. ст. в группе мЦФК и 35,0 мм рт. ст. в группе ТСЦФК соответственно на 45% через 18 месяцев. Среднее количество используемых гипотензивных препаратов снизилось с 2 до 1 через 18 месяцев без статистически достоверной разницы между группами. Частота повторных вмешательств также статистически достоверно не отличалась.

Williams и соавт. опубликовали серию ретроспективных случаев лечения рефрактерной глаукомы посредством мЦФК (79 пациентов) [32]. В этом исследовании использовался тот же самый уровень энергии (2000 мВт), но продолжительность сессии составила 300 сек., а не 100 сек., как в исследовании Aquino и соавт. [2]. Успех лечения, определяемый как достижение уровня ВГД в диапазоне от 6 мм рт. ст. до 21 мм рт. ст. или снижение ВГД на 20% от исходного значения, имел место в 75% случаев через 3 месяца и в 66% случаев через 6 месяцев. На момент последнего осмотра было отмечено снижение уровня ВГД в среднем на 51% по сравнению с исходным значением 31,9 мм рт. ст. Согласно результатам анализа смешанных линейных моделей, гипотензивный эффект мЦФК, наблюдаемый через 3 месяца, не ослабевал за время исследования. На момент последнего осмотра среднее количество используемых гипотензивных препаратов снизилось с 2,3 до 1,5. Дополнительный цикл мЦФК потребовался в 10 случаях (12,6%), из которых 8 процедур были выполнены в сроки от 1 до 3 месяцев после первого вмешательства.

Emanuel и соавт. проанализировали 84 ретроспективных случая мЦФК [9]. У пациентов, включенных в исследование, были диагностированы различные виды глаукомы. Чаще

всего встречалась первичная открытоугольная глаукома (58%), а также псевдоэкзофиативная (10%) и закрытоугольная (7%) глаукома. Параметры лазерного лечения задавались оперирующим хирургом и не были строго оговорены. Уровень энергии чаще всего составлял 2000 мВт (58,3%) или 1900 мВт (22,6%), а средняя длительность лечения – 319 сек. Через 12 месяцев уровень ВГД снизился в среднем на 59,9% (с 27,7 мм рт. ст. до 11,1 мм рт. ст.) во всех случаях, количество используемых гипотензивных препаратов также уменьшилось (с 3,3 до 2,3).

Kuchar и соавт. провели аналогичное ретроспективное исследование, изучив результаты лечения у 19 пациентов (средняя продолжительность наблюдения 60,3 дня) [16]. Во всех случаях была выполнена мЦФК (уровень энергии 2000 мВт, длительность от 100 сек. до 240 сек.). Частота успешных исходов (достижение уровня ВГД в диапазоне от 6 мм рт. ст. до 21 мм рт. ст. или снижение ВГД на 20% от исходного значения) оказалась изначально высокой – 73,7%. Повторная мЦФК потребовалась только в 3-х случаях (15,8%), и общая частота успешных исходов составила 89,5%. Количество используемых гипотензивных препаратов уменьшилось в среднем на 27% (с 2,6 в предоперационном периоде до 1,9 на момент последнего осмотра). Ограничением данного исследования является относительно короткий период наблюдения.

Gavris и соавт. проанализировали 7 клинических случаев рефрактерной глаукомы у женщин [12]. При этом мЦФК проводилась при стандартных параметрах – уровень энергии 2000 мВт, длина волны 810 нм, рабочий цикл 31,3% и длительность процедуры 80-90 сек. (на одну половину). Данная методика вновь продемонстрировала свою эффективность с позиций снижения как уровня ВГД, так и количества используемых препаратов. ВГД снизилось на 60,3% и 33,4% через 1 неделю и 1 месяц, соответственно. Через 1 месяц количество применяемых препаратов уменьшилось в среднем на 0,71.

В ходе проспективного несравнительного исследования Тап и соавт. учитывали менее строгие критерии относительного успеха по сравнению с исследованием Aquino и соавт. [2,29]. Относительный успех определялся как уровень послеоперационного ВГД в диапазоне 6-21 мм рт. ст. или его снижение на 30% по сравнению с исходными данными. Уровень энергии составлял 2000 мВт, длительность процедуры 160 сек. (на одну половину). После в среднем 1,3 циклов мЦФК общая частота успешных исходов достигла 72,7%. На 40 пролеченных глазах уровень ВГД через 18 месяцев уменьшился с 39,3 мм рт. ст. до 26,2 мм рт. ст. Гипотензивный эффект развился быстро – уже на следующий день ВГД снизилось до 31,1 мм рт. ст. Количество используемых гипотензивных препаратов уменьшилось с 2,1 (перед операцией) до 1,3 (на момент последнего осмотра).

Первыми клинические исходы у детей и взрослых сравнили Lee и соавт. (продолжительность наблюдения не менее 12 месяцев) [17]. Настройки стандартные – уровень энергии 2000 мВт, длина волны 810 нм, длительность процедуры 100 сек. У детей вначале (через 1 месяц после процедуры) было получено снижение уровня ВГД с 34,3 мм рт. ст. до 20,4 мм рт. ст. Однако через 12 месяцев оно вновь повысилось до 27,2 мм рт. ст.

(разница с исходными показателями статистически недостоверна). Количество применяемых антиглаукомных препаратов также осталось прежним. Согласно выводам исследования, эффект мЦФК у детей, по-видимому, является недолговременным.

Таким образом, мЦФК продемонстрировала свою эффективность у взрослых пациентов с рефрактерной глаукомой в плане снижения как уровня ВГД, так и количества используемых антиглаукомных препаратов. Эффективность мЦФК сравнима с таковой ТСЦФК с непрерывным режимом излучения.

Осложнения

Потенциальными осложнениями классической циклофотокоагуляции являются воспалительный процесс в передней камере, ухудшение зрения, болевой синдром, гифема, отек роговицы, резкий подъем ВГД, персистирующая гипотония, субатрофия глазного яблока и отслойка сосудистой оболочки [15,20,21,24,26]. Считается, что эти осложнения носят вторичный характер по отношению к повреждению тканей, находящихся по соседству с цилиарным телом, которое обусловлено процессом фотокоагуляции [23]. В случае мЦФК перегревания соседних структур удается избежать благодаря пульсирующему характеру поступления энергии, что потенциально сокращает частоту осложнений.

По данным Aquino и соавт., после ТСЦФК с непрерывным режимом излучения частота осложнений выше, чем после мЦФК (60% и 12%, соответственно) [2]. Выраженность болевого синдрома после этих процедур оказалась сопоставимой. В обеих группах имели место случаи пролонгированных воспалительных изменений в передней камере и ухудшения остроты зрения, но в целом осложнения чаще наблюдались после ТСЦФК с непрерывным режимом излучения. Тяжелые осложнения (субатрофия глазного яблока, пролонгированная гипотония) отмечены только после ТСЦФК. Частота встречаемости гипотонии напрямую зависела от уровня энергии и разновидности глаукомы [6,14,21,28]. Так, в группе ТСЦФК с непрерывным режимом излучения 4 из 5 случаев гипотонии возникли на фоне неоваскулярной глаукомы. Отсутствие гипотонии после мТСЦФК объясняется минимальным повреждением окружающих тканей. Эти результаты согласуются с данными, полученными Aquino и соавт. в ходе предыдущего сравнительного исследования (2011), которые свидетельствуют об отсутствии случаев гипотонии, длительно существующего увеита, субатрофии глазного яблока и ухудшения МКОЗ после мТСЦФК.

Williams и соавт. сообщают о большей количестве осложнений мТСЦФК в когорте из 79 глаз. Они включали длительное воспаление в передней камере (26%), ухудшение МКОЗ как минимум на 2 строки (17%), гипотонию (8,8%), макулярный отек (5%), отек роговицы (2,5%) и субатрофию глазного яблока (2,5%) [32]. Это можно объяснить с позиций

комплексного характера поражения глаза в данной группе больных и достаточно большой длительностью процедуры (300 сек.). Из 2 случаев субатрофии глазного яблока в 1 случае была диагностирована неоваскулярная глаукома на фоне некомпенсированного диабета, а во втором случае – нанофтальм, причем длительность процедуры в этих случаях составила 180 сек. и 120 сек., соответственно. Кроме того, William и соавт. установили, что у представителей ряда этнических групп выше вероятность длительного воспаления (соотношение рисков 3,6). Поэтому у таких пациентов нужно сокращать продолжительность данной манипуляции [32].

Emanuel и соавт. указывают сходную частоту осложнений мЦФК (длительность процедуры 319 сек.) в группе из 84 глаз [9]. Многие пациенты (41%) отмечали те или иные изменения зрения в послеоперационном периоде. Результаты небольших исследований, проведенных Kuchar и соавт., Gavris и соавт. и Tap и соавт., подтверждают, что мЦФК имеет благоприятный профиль безопасности с минимальными серьезными осложнениями [12,16,29].

Таким образом, большинство исследований подтверждают, что мЦФК можно считать безопасной и эффективной альтернативой традиционной ТСЦФК с непрерывным режимом излучения. И хотя в послеоперационном периоде возможны ухудшение зрения и воспалительные явления во влаге передней камеры, показано, что тяжелые осложнения, такие как гипотония и субатрофия глазного яблока встречаются после мЦФК реже. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования в больших выборках с более продолжительным наблюдением.

Ограничения

Понимание того, каковы клинические преимущества и риски мЦФК, ограничено небольшим количеством исследований. Во многих исследованиях были задействованы относительно небольшие группы пациентов, а сами исследования являются ретроспективными и несравнительными, за исключением одного, в ходе которого напрямую сравнивались результаты мЦФК и ТСЦФК с непрерывным режимом излучения. Кроме того, отсутствует стандартизованный протокол проведения процедуры, равно как и конечные точки лечения. Для определения оптимальных настроек и оценки воспроизводимости результатов необходимы дальнейшие многоцентровые исследования. Интерпретацию результатов мЦФК затрудняет вариабельность периода наблюдения (от 1 до 18 месяцев). Достаточно длительный период наблюдения необходим еще и для того, чтобы определить частоту отдаленных осложнений. Более того, отсутствует и должная стратификация по диагнозу глаукомы, что служит потенциальным источником систематических отклонений, поскольку разновидность глаукомы может влиять как на исход лечения, так и частоту осложнений. Наконец, окончательно не определены точный механизм и гистологические эффекты мТСЦФК.

Поскольку микроимпульсный контактный зонд используется стандартным образом, то есть без определения местонахождения цилиарного тела, непонятно, на какие именно структуры воздействует мТСЦФК. Поэтому оценка биологического воздействия мТСЦФК на отростки цилиарного тела и окружающие ткани требует дальнейшего изучения.

Таким образом, у пациентов с рефрактерной глаукомой мЦФК рассматривается как эффективная и безопасная альтернатива ТСЦФК с непрерывным режимом излучения в плане как снижения уровня ВГД, так и количества используемых гипотензивных препаратов. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы установить взаимосвязь между настройками лазера и успешностью лечения с целью стандартизации методики и более широкого клинического внедрения. Оценка гипотензивного эффекта этих процедур в отдаленном периоде требует крупномасштабных сравнительных исследований.

Литература

1. Amoozgar B., Phan E.N., Lin S.C., Han Y. Update on ciliary body laser procedures. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017; 28(2): 181-186. doi: 10.1097/ICU.0000000000000351
2. Aquino M.C., Barton K., Tan A.M., Sng C., et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015; 43(1): 40-46. doi: 10.1111/ceo.12360
3. Beckman H., Kinoshita A., Rota A.N., Sugar H.S. Transscleral ruby laser irradiation of the ciliary body in the treatment of intractable glaucoma. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*. 1972; 76(2): 423-436.
4. Berens C., Sheppard L.B., Duel A.B., Jr. Cycloelectrolysis for glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1951; 34(1): 53-70. doi: 10.1016/0002-9394(51)91928-9
5. Bietti G. Surgical intervention on the ciliary body; new trends for the relief of glaucoma. *J Am Med Assoc*. 1950; 142(12): 889-897. doi: 10.1001/jama.1950.02910300027006
6. Bloom P.A., Tsai J.C., Sharma K., Miller M.H., et al. "Cyclodiode". Trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of advanced refractory glaucoma. *Ophthalmology*. 1997; 104(9): 1508-1519; discussion 1519-1520. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30109-2
7. Brancato R., Giovanni L., Trabucchi G., Pietroni C. Contact transscleral cyclophotocoagulation with Nd:YAG laser in uncontrolled glaucoma. *Ophthalmic Surg*. 1989; 20(8): 547-551.
8. De Roeth A., Jr. Cryosurgery for the treatment of glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1965; 63(189-204).
9. Emanuel M.E., Grover D.S., Fellman R.L., Godfrey D.G., et al. Micropulse Cyclophotocoagulation: Initial Results in Refractory Glaucoma. *J Glaucoma*. 2017; 26(8): 726-729. doi:10.1097/IJG.0000000000000715
10. Fea A.M., Bosone A., Rolle T., Brogliatti B., et al. Micropulse diode laser trabeculoplasty (MDLT): A phase II clinical study with 12 months follow-up. *Clin Ophthalmol*. 2008; 2(2): 247-252. doi:10.2147/opth.s2303
11. Gaasterland D.E., Pollack I.P. Initial experience with a new method of laser transscleral cyclophotocoagulation for ciliary ablation in severe glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1992; 90(225-243; discussion 243-226).
12. Gavris M.M., Olteanu I., Kantor E., Mateescu R., et al. IRIDEX MicroPulse P3: innovative cyclophotocoagulation. *Rom J Ophthalmol*. 2017; 61(2): 107-111. doi: 10.22336/rjo.2017.20

13. Haik G.M., Breffeilh L.A., Boggess J.E. Treatment of congenital glaucoma with beta radiation; report of a case. *New Orleans Med Surg J.* 1949; 102(4): 182-185.
14. Iliev M.E., Gerber S. Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2007; 91(12): 1631-1635. doi: 10.1136/bjo.2007.116533
15. Kosoko O., Gaasterland D.E., Pollack I.P., Enger C.L. Long-term outcome of initial ciliary ablation with contact diode laser transscleral cyclophotocoagulation for severe glaucoma. The Diode Laser Ciliary Ablation Study Group. *Ophthalmology.* 1996; 103(8): 1294-1302. doi: 10.1016/s0161-6420(96)30508-3
16. Kuchar S., Moster M.R., Reamer C.B., Waisbourd M. Treatment outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med Sci.* 2016; 31(2): 393-396. doi:10.1007/s10103-015-1856-9
17. Lee J.H., Shi Y., Amoozgar B., Aderman C., et al. Outcome of Micropulse Laser Transscleral Cyclophotocoagulation on Pediatric Versus Adult Glaucoma Patients. *J Glaucoma.* 2017; 26(10): 936-939. doi: 10.1097/IJG.0000000000000757
18. Lin S.C., Chen M.J., Lin M.S., Howes E., et al. Vascular effects on ciliary tissue from endoscopic versus trans-scleral cyclophotocoagulation. *Br J Ophthalmol.* 2006; 90(4): 496-500. doi:10.1136/bjo.2005.072777
19. Liu G.J., Mizukawa A., Okisaka S. Mechanism of intraocular pressure decrease after contact transscleral continuous-wave Nd:YAG laser cyclophotocoagulation. *Ophthalmic Res.* 1994; 26(2): 65-79. doi: 10.1159/000267395
20. Mistlberger A., Liebmann J.M., Tschiderer H., Ritch R., et al. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation for refractory glaucoma. *J Glaucoma.* 2001; 10(4): 288-293. doi:10.1097/00061198-200108000-00008
21. Murphy C.C., Burnett C.A., Spry P.G., Broadway D.C., et al. A two centre study of the dose-response relation for transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2003; 87(10): 1252-1257. doi: 10.1136/bjo.87.10.1252
22. Oguri A., Takahashi E., Tomita G., Yamamoto T., et al. Transscleral cyclophotocoagulation with the diode laser for neovascular glaucoma. *Ophthalmic Surg Lasers.* 1998; 29(9): 722-727.
23. Pantcheva M.B., Kahook M.Y., Schuman J.S., Rubin M.W., et al. Comparison of acute structural and histopathological changes of the porcine ciliary processes after endoscopic cyclophotocoagulation and transscleral cyclophotocoagulation. *Clin Exp Ophthalmol.* 2007; 35(3): 270-274. doi: 10.1111/j.1442-9071.2006.01415.x
24. Pastor S.A., Singh K., Lee D.A., Juzych M.S., et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 2001; 108(11): 2130-2138. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00889-2
25. Quigley H.A. Histological and physiological studies of cyclocryotherapy in primate and human eyes. *Am J Ophthalmol.* 1976; 82(5): 722-732. doi: 10.1016/0002-9394(76)90009-x
26. Schlote T., Derse M., Rassmann K., Nicaeus T., et al. Efficacy and safety of contact transscleral diode laser cyclophotocoagulation for advanced glaucoma. *J Glaucoma.* 2001; 10(4): 294-301. doi:10.1097/00061198-200108000-00009
27. Shields M.B., Shields S.E. Noncontact transscleral Nd:YAG cyclophotocoagulation: a long-term follow-up of 500 patients. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1994; 92(271-283; discussion 283-277).
28. Spencer A.F., Vernon S.A. "Cyclodiode": results of a standard protocol. *Br J Ophthalmol.* 1999; 83(3): 311-316. doi: 10.1136/bjo.83.3.311

29. Tan A.M., Chockalingam M., Aquino M.C., Lim Z.I., et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 38(3): 266-272. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02238.x
30. Tan J.C., Francis B.A., Noecker R., Uram M., et al. Endoscopic Cyclophotocoagulation and Pars Plana Ablation (ECP-plus) to Treat Refractory Glaucoma. *J Glaucoma.* 2016; 25(3): e117-122. doi:10.1097/IJG.0000000000000278
31. Uram M. Ophthalmic laser microendoscope ciliary process ablation in the management of neovascular glaucoma. *Ophthalmology.* 1992; 99(12): 1823-1828. doi: 10.1016/s0161-6420(92)31718-x
32. Williams A.L., Moster M.R., Rahmatnejad K., Resende A.F., et al. Clinical Efficacy and Safety Profile of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Refractory Glaucoma. *J Glaucoma.* 2018; 27(5): 445-449. doi: 10.1097/IJG.0000000000000934

Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: Modern Approach to Glaucoma Treatment

Petrov S. Yu.¹

Doctor of Medicine, Head, Glaucoma Department

Zhuravleva A. N.¹

MD, PhD, Researcher, Glaucoma Department

Kosakyan S. M.¹

MD, PhD, Doctor, Glaucoma Department

Vasilenkova L. V.¹

MD, PhD, Researcher, Glaucoma Department

1 – Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Corresponding Author: Zhuravleva Anastasia Nikolaevna; e-mail: zh.eye@mail.ru

Conflict of interest. None declared.

Funding. The study had no sponsorship.

Abstract

The article presents new laser technology in the treatment of glaucoma using a Micro-Pulse laser. It describes the technique, optimal energy regimes, differential indications, contraindications, timing of laser intervention, effectiveness of treatment, and possible complications. It also compares a number of advantages, alternatives and safety of this method in comparison with other traditional laser cyclodestructive interventions. It essentially concludes that this technology is highly effective and safe in the treatment of primary open-angle glaucoma at various stages and refractory forms of glaucoma is based on data of clinical and morphological studies described in literature. This work also advocates further extended study of microimpulse transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of combined glaucoma and other forms of ocular pathology as well as further extended study of microimpulse transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of glaucoma-associated pathology and other eye diseases.

Keywords: glaucoma, refractory glaucoma, cyclodestructive procedures, micropulse transscleral cyclophotocoagulation

References

1. Amoozgar B., Phan E.N., Lin S.C., Han Y. Update on ciliary body laser procedures. *Curr Opin Ophthalmol.* 2017; 28(2): 181-186. doi: 10.1097/ICU.0000000000000351
2. Aquino M.C., Barton K., Tan A.M., Sng C., et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43(1): 40-46. doi: 10.1111/ceo.12360
3. Beckman H., Kinoshita A., Rota A.N., Sugar H.S. Transscleral ruby laser irradiation of the ciliary body in the treatment of intractable glaucoma. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1972; 76(2): 423-436.
4. Berens C., Sheppard L.B., Duel A.B., Jr. Cycloelectrolysis for glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 1951; 34(1): 53-70. doi: 10.1016/0002-9394(51)91928-9
5. Bietti G. Surgical intervention on the ciliary body; new trends for the relief of glaucoma. *J Am Med Assoc.* 1950; 142(12): 889-897. doi: 10.1001/jama.1950.02910300027006
6. Bloom P.A., Tsai J.C., Sharma K., Miller M.H., et al. "Cyclodiode". Trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of advanced refractory glaucoma. *Ophthalmology.* 1997; 104(9): 1508-1519; discussion 1519-1520. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30109-2
7. Brancato R., Giovanni L., Trabucchi G., Pietroni C. Contact transscleral cyclophotocoagulation with Nd:YAG laser in uncontrolled glaucoma. *Ophthalmic Surg.* 1989; 20(8): 547-551.
8. De Roeth A., Jr. Cryosurgery for the treatment of glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1965; 63(189-204.
9. Emanuel M.E., Grover D.S., Fellman R.L., Godfrey D.G., et al. Micropulse Cyclophotocoagulation: Initial Results in Refractory Glaucoma. *J Glaucoma.* 2017; 26(8): 726-729. doi:10.1097/IJG.0000000000000715
10. Fea A.M., Bosone A., Rolle T., Brogliatti B., et al. Micropulse diode laser trabeculoplasty (MDLT): A phase II clinical study with 12 months follow-up. *Clin Ophthalmol.* 2008; 2(2): 247-252. doi:10.2147/opth.s2303
11. Gaasterland D.E., Pollack I.P. Initial experience with a new method of laser transscleral cyclophotocoagulation for ciliary ablation in severe glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1992; 90(225-243; discussion 243-226.
12. Gavris M.M., Olteanu I., Kantor E., Mateescu R., et al. IRIDEX MicroPulse P3: innovative cyclophotocoagulation. *Rom J Ophthalmol.* 2017; 61(2): 107-111. doi: 10.22336/rjo.2017.20
13. Haik G.M., Breffeilh L.A., Boggess J.E. Treatment of congenital glaucoma with beta radiation; report of a case. *New Orleans Med Surg J.* 1949; 102(4): 182-185.
14. Iliev M.E., Gerber S. Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2007; 91(12): 1631-1635. doi: 10.1136/bjo.2007.116533
15. Kosoko O., Gaasterland D.E., Pollack I.P., Enger C.L. Long-term outcome of initial ciliary ablation with contact diode laser transscleral cyclophotocoagulation for severe glaucoma. The Diode Laser Ciliary Ablation Study Group. *Ophthalmology.* 1996; 103(8): 1294-1302. doi: 10.1016/s0161-6420(96)30508-3
16. Kuchar S., Moster M.R., Reamer C.B., Waisbourd M. Treatment outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med Sci.* 2016; 31(2): 393-396. doi:10.1007/s10103-015-1856-9
17. Lee J.H., Shi Y., Amoozgar B., Aderman C., et al. Outcome of Micropulse Laser Transscleral Cyclophotocoagulation on Pediatric Versus Adult Glaucoma Patients. *J Glaucoma.* 2017; 26(10): 936-939. doi: 10.1097/IJG.0000000000000757

18. Lin S.C., Chen M.J., Lin M.S., Howes E., et al. Vascular effects on ciliary tissue from endoscopic versus transscleral cyclophotocoagulation. *Br J Ophthalmol.* 2006; 90(4): 496-500. doi:10.1136/bjo.2005.072777
19. Liu G.J., Mizukawa A., Okisaka S. Mechanism of intraocular pressure decrease after contact transscleral continuous-wave Nd:YAG laser cyclophotocoagulation. *Ophthalmic Res.* 1994; 26(2): 65-79. doi: 10.1159/000267395
20. Mistlberger A., Liebmann J.M., Tschiderer H., Ritch R., et al. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation for refractory glaucoma. *J Glaucoma.* 2001; 10(4): 288-293. doi:10.1097/00061198-200108000-00008
21. Murphy C.C., Burnett C.A., Spry P.G., Broadway D.C., et al. A two centre study of the dose-response relation for transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2003; 87(10): 1252-1257. doi: 10.1136/bjo.87.10.1252
22. Oguri A., Takahashi E., Tomita G., Yamamoto T., et al. Transscleral cyclophotocoagulation with the diode laser for neovascular glaucoma. *Ophthalmic Surg Lasers.* 1998; 29(9): 722-727.
23. Pantcheva M.B., Kahook M.Y., Schuman J.S., Rubin M.W., et al. Comparison of acute structural and histopathological changes of the porcine ciliary processes after endoscopic cyclophotocoagulation and transscleral cyclophotocoagulation. *Clin Exp Ophthalmol.* 2007; 35(3): 270-274. doi: 10.1111/j.1442-9071.2006.01415.x
24. Pastor S.A., Singh K., Lee D.A., Juzych M.S., et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 2001; 108(11): 2130-2138. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00889-2
25. Quigley H.A. Histological and physiological studies of cyclocryotherapy in primate and human eyes. *Am J Ophthalmol.* 1976; 82(5): 722-732. doi: 10.1016/0002-9394(76)90009-x
26. Schlote T., Derse M., Rassmann K., Nicaeus T., et al. Efficacy and safety of contact transscleral diode laser cyclophotocoagulation for advanced glaucoma. *J Glaucoma.* 2001; 10(4): 294-301. doi:10.1097/00061198-200108000-00009
27. Shields M.B., Shields S.E. Noncontact transscleral Nd:YAG cyclophotocoagulation: a long-term follow-up of 500 patients. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1994; 92(271-283; discussion 283-277).
28. Spencer A.F., Vernon S.A. "Cyclodiode": results of a standard protocol. *Br J Ophthalmol.* 1999; 83(3): 311-316. doi: 10.1136/bjo.83.3.311
29. Tan A.M., Chockalingam M., Aquino M.C., Lim Z.I., et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010; 38(3): 266-272. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02238.x
30. Tan J.C., Francis B.A., Noecker R., Uram M., et al. Endoscopic Cyclophotocoagulation and Pars Plana Ablation (ECP-plus) to Treat Refractory Glaucoma. *J Glaucoma.* 2016; 25(3): e117-122. doi:10.1097/IJG.0000000000000278
31. Uram M. Ophthalmic laser microendoscope ciliary process ablation in the management of neovascular glaucoma. *Ophthalmology.* 1992; 99(12): 1823-1828. doi: 10.1016/s0161-6420(92)31718-x
32. Williams A.L., Moster M.R., Rahmatnejad K., Resende A.F., et al. Clinical Efficacy and Safety Profile of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Refractory Glaucoma. *J Glaucoma.* 2018; 27(5): 445-449. doi: 10.1097/IJG.0000000000000934