

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-85-89>



Микроимпульсная трансклеральная лазерная циклопластика (мТЛЦ) — новое название микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК)

И.Э. Иошин

Центр офтальмологии ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации,
ул. Лосиноостровская, д. 45, Москва, 107150, Россия

Цель работы — обосновать изменение традиционного названия операции «микроимпульсная циклофотокоагуляция». Согласно потенциальному механизму действия, предложено новое название — «микроимпульсная трансклеральная лазерная циклопластика».

Ключевые слова: микроимпульсная циклофотокоагуляция; микроимпульсная трансклеральная лазерная циклопластика

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Иошин И.Э. Микроимпульсная трансклеральная лазерная циклопластика (мТЛЦ) — новое название микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК). Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (3): 85-9. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-85-89>

Micropulse transcleral laser cycloplasty (mTLC) should replace the term “micropulse cyclophotocoagulation (mCPC)”

Igor E. Ioshin

Ophthalmology Center, Clinical Hospital of the Office of Presidential Affairs of the Russian Federation, 45,
Losinoostrovskaya St., Moscow, 107150, Russia
igor.ioshin@gmail.com

***Purpose:** the article presents arguments for changing the traditional operation name “micropulse cyclophotocoagulation”. In accordance with the potential mechanisms involved, a new name is proposed — “micropulse transscleral laser cycloplasty”.*

Keywords: micropulse cyclophotocoagulation; micropulse transscleral laser cycloplasty

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

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

For citation: Ioshin I.E. Micropulse transcleral laser cycloplasty (mTLC) should replace the term “micropulse cyclophotocoagulation (mCPC)”. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (3): 85-9 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-3-85-89>

Развитие альтернативных хирургических методов на основе воздействия различных деструктивных энергий на цилиарное тело (ЦТ), которые позволяли бы достичь гипотензивного эффекта без вскрытия глазного яблока, связано с отсутствием стабильного результата классической хирургии на дренажной структуре глаза у пациентов с рефрактерной глаукомой. В различные периоды было предложено несколько циклодеструктивных методов: диатермокоагуляция, криодеструкция и фотокоагуляция ЦТ [1–6].

Преимуществом лазерных трансклеральных циклодеструктивных методов считается возможность более точной фокусировки на меньшую по размерам и более точно ограниченную область с низкой абсорбцией лазерной энергии тканью-передатчиком (склера), что позволяет уменьшить количество осложнений.

Контактную циклофотокоагуляцию (ЦФК) впервые применили в 1990-х гг. Воздействие было направлено на снижение продукции внутриглазной жидкости (ВГЖ) вследствие возникающей после лазерной коагуляции частичной атрофии ЦТ и его отростков [7, 8]. Существует также мнение, что развитие гипотензивного эффекта связано с послеоперационной ишемией, вызванной тромбозом сосудов ЦТ, расширением супрахориоидального пространства и, как следствие, увеличением оттока жидкости [9]. Метод рекомендовали применять ограниченно у пациентов с низкими, даже остаточными зрительными функциями, что обусловлено сложным послеоперационным периодом, в котором обычно фиксируются геморрагии и воспаление. Сформировалось отношение к методу ЦФК как к «хирургии последнего шанса» для снижения внутриглазного давления (ВГД), когда функциональные результаты операции не имеют принципиального значения.

Микроимпульсная лазерная трансклеральная ЦФК (мЦФК). Ограничение применения непрерывной трансклеральной ЦФК в связи с серьезными осложнениями привело к разработке новой технологии лазерного лечения глаукомы, известного как мЦФК, с использованием инфракрасного диодного лазера с той же длиной волны 810 нм, цель которого — достижение стабилизации ВГД и при этом сведение к минимуму риска развития осложнений.

Клиническое использование технологии микроимпульсных диодов в офтальмологии было впервые исследовано при лечении заболеваний сетчатки, включая макулярный отек, вызванный окклюзией ветвей сосудов сетчатки или диабетической ретинопатией, центральной серозной хориопатией [10–13].

А. Тап и соавт. [14] опубликовали первое клиническое исследование по применению мЦФК в лечении глаукомы. По результатам данного исследования в 80% случаев за период наблюдения было достигнуто давление цели на фоне использования гипотензивных капель и без них. По мнению авторов, основной эффект лазера направлен на улучшение увеосклерального оттока за счет активации пигментного эпителия ЦТ.

С появлением микроимпульсного режима ЦФК ситуация кардинально изменилась. Отсутствие коагуляционного некроза ЦТ и сохранение высоких зрительных функций на фоне благоприятного послеоперационного периода обеспечили более активное внедрение методики в клиническую практику.

Механизм действия мЦФК. Механизм действия метода мЦФК изучается до настоящего времени. Предполагается, что эффект снижения продукции ВГЖ при мЦФК по механизму действия похож на таковой при классической непрерывной трансклеральной ЦФК, но, в отличие от последней,

мЦФК вызывает лишь подпороговое повреждение клеток пигментированного и непигментированного эпителия ЦТ. Наличие межимпульсного временного периода позволяет температуре пигментных клеток вернуться к исходному уровню перед следующим импульсом и, следовательно, не приводит к клеточному повреждению от кумулятивного перегревания окружающих тканей (непигментированного эпителия и стромы ЦТ). В подтверждение этого патологические макроскопические изменения после мЦФК не определяются [15].

Возможные механизмы действия микроимпульсного лазера подтверждаются клиническими результатами. Исследователи, изучавшие влияние микроимпульсного лазера при различной патологии сетчатки, одним из возможных механизмов действия лазера считают селективное воздействие на пигментный эпителий ЦТ при минимальном повреждении окружающих тканей. Благодаря короткой длительности импульса и непродолжительному рабочему циклу, температура в клетках пигментного эпителия повышается избирательно. Формируется не коагуляционное, а тепловое воздействие, активирующее определенные биохимические каскады. Минимальное повреждение пигментного эпителия на уровне органелл клетки вызывает его регенерацию, активацию метаболических процессов, способствует транспорту веществ, активации синтеза внутриклеточных биологических факторов, поддерживает клеточную жизнеспособность [16].

Принятие гипотезы о том, что трансклеральная ЦФК увеличивает интенсивность увеосклерального оттока ВГЖ, нуждается в доказательстве, что на практике представляет определенные сложности. Дело в том, что способов прямого измерения увеосклерального оттока в клинике не существует [17]. В то же время эксперимент с помощью меченых молекул — изотопных индикаторов с последующим морфологическим исследованием показал, что мЦФК активирует увеосклеральный отток у кроликов. В отсутствие микроимпульсного лазерного воздействия индикаторы фиксировали только в трабекулярной сети без проникновения в увеосклеральный путь [18].

Другим возможным предполагаемым механизмом снижения ВГД считают пилокарпиноподобное действие микроимпульсного лазера. Данный механизм описан М. Johnstone в ходе экспериментального исследования *in vitro*. Показано, что воздействие микроимпульсов на цилиарную мышцу вызывает ее временный спазм. При сокращении мышечных волокон размеры ЦТ уменьшаются, что приводит к смещению склеральной шпоры в заднем и внутреннем направлениях и меняет конфигурацию трабекулы и шлеммова канала, способствует расширению супрахориоидального пространства, активации увеосклерального оттока, приводящего к улучшению оттока ВГЖ [19].

Безопасные энергетические параметры. Обеспечение безопасного эффекта в первую очередь зависит от энергетических параметров лазерного микроимпульсного режима. По мере накопления клинического опыта F. Sanchez и соавт. [20] предположили, что доставляемая энергия с наилучшим профилем безопасности/эффективности находится в пределах от 112 до 150 Дж (рисунок). Использование энергии в рамках данных значений показало умеренное снижение ВГД, примерно на 35% в сроке наблюдений до 15 мес, с минимальными осложнениями или без них. Уровни энергии ниже 100 Дж не вызывали побочных эффектов, но приводили к меньшему снижению ВГД и более короткому сроку действия процедуры. Напротив, при уровнях энергии выше 200 Дж ($320 \text{ с} \times 2 \text{ Вт} \times 31,3\%$ рабочий цикл) сообщалось

о более значительном снижении ВГД и высоких рисках послеоперационных осложнений, то есть о развитии коагуляционного эффекта [20].

Н.С. Ходжаев и соавт. [21] представили клинико-экспериментальные данные о том, что мЦФК с мощностью 2,8 Вт, экспозицией до 160 с и рабочим циклом 31,3% является безопасной по данным гистологического исследования, которое показало отсутствие коагуляционного некроза в тканях ЦТ.

Минимальная воспалительная реакция в передней камере, как правило в виде незначительного феномена Тиндаля, достаточно редко встречается после мЦФК. Она быстро разрешается на фоне стандартного медикаментозного сопровождения операции [22, 23]. Еще более редко описаны гифема, реактивная гипертензия, макулярный отек, отек роговицы, риск которых при адекватных энергетических параметрах минимален, а по данным некоторых авторов, вообще отсутствует [24–26].

Однако, согласно клиническим данным, мощность, общее время воздействия и общая энергия не всегда линейно коррелируют с гипотензивным эффектом операции. Т. Grippo и соавт. [27] предложили использовать более адаптивный к реальным условиям, чем общая энергия, индикатор для сравнения клинических результатов. В качестве такого показателя предложен «поток энергии» (F-Fluence) как метрическая единица плотности лазерной энергии в Дж на см², доставляемой к поверхности глазного яблока. Предложенный показатель учитывает не только стандартные параметры, такие как мощность, время и общая энергия, но и скорость прохождения зонда по поверхности глазного яблока [27].

На одном из заседаний консенсус-группы (Consensus panel of ten glaucoma experts discusses MicroPulse TLT, 12 марта 2022 г.), посвященном мЦФК, обсуждался вопрос об использовании параметров лазера. В частности, особое внимание было обращено на показатель скорости движения зонда, который существенно влияет на величину потока энергии [28]. Консенсусной группой было предложено использовать на практике следующие настройки лазера:

- Мощность, Вт — 2,5
Power, Wt — 2.5
- Рабочий цикл, % — 31,3
Duty cycle, % — 31.3
- Общее время воздействия, с — 160
Treatment Duration, s — 160
- Время воздействия на полусферу, с — 80
Treatment duration per hemisphere, s — 80
- Общая энергия, Дж — 125,2
Total Energy, J — 125.2
- Количество проходов по квадранту — 4
Number of sweeps — 4
- Время, затраченное на 1 проход, с — 20
Treatment duration per hemisphere, s — 20
- Итоговый поток энергии, Дж/см² — 130,6
Dose Fluence, J/cm² — 130.6

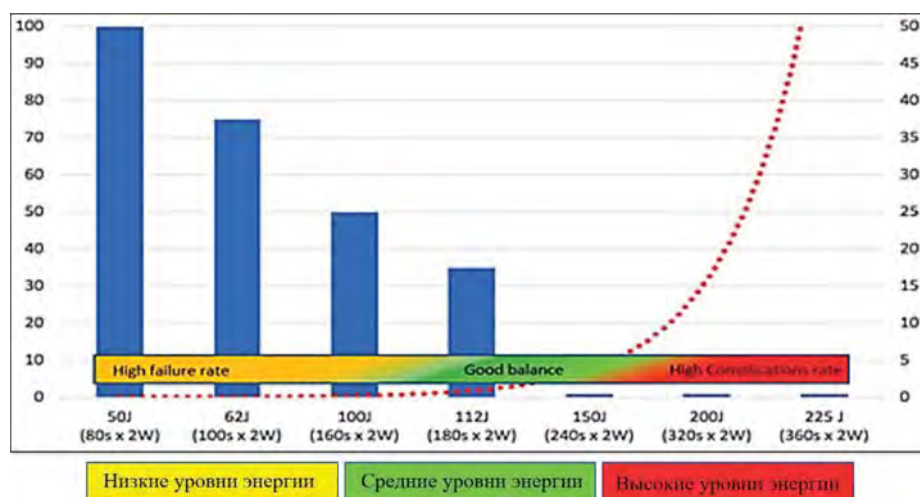


Рисунок. Распределение уровней энергии по F. Sanchez и соавт. [20]

Figure. Distribution of energy levels according to F. Sanchez, et al. [20]: low (yellow), moderate (green) and high (red)

Примечательно, что данный протокол зарубежных коллег согласуется с собственным модифицированным протоколом (разделение каждой полусферы на квадранты) с потоком энергии 121,8 Дж/см², который применяется нами с 2021 г. [29]:

- Мощность, Вт — 2,0
Power, Wt — 2.0
- Рабочий цикл, % — 31,3
Duty cycle — 31.3
- Общее время воздействия, с — 200
Treatment Duration, s — 200
- Время воздействия на квадрант, с — 50
Treatment duration per quadrant, s — 50
- Общая энергия, Дж — 125,0
Total Energy, J — 125.0
- Количество проходов по квадранту — 5
Number of sweeps — 5
- Время, затраченное на 1 проход, с — 10
Treatment duration per hemisphere, s — 10
- Итоговый поток энергии, Дж/см² — 121,8
Dose Fluence, J/cm² — 121.8

Клиническим результатом применения собственного модифицированного метода стало снижение ВГД (на 36,9% в случае развитой, 36,2% — далеко зашедшей и 19,7% — терминальной стадии глаукомы) и благоприятный профиль безопасности (отсутствие воспалительных осложнений и снижения исходной остроты зрения) при лечении пациентов с рефрактерной глаукомой. Гипотензивный эффект сохранялся в 81,3% случаев в течение 12 мес после проведения мЦФК [30, 31].

Представленная модификация мЦФК с учетом интегрального параметра «поток энергии» позволила унифицировать технологию лазерного воздействия. Полученные результаты применения модифицированной мЦФК демонстрируют хороший гипотензивный результат при отсутствии клинически значимых осложнений. Характерные для коагуляционного эффекта осложнения, такие как иридоциклит, гифема, гипотонический синдром, отсутствуют.

Высокая эффективность метода сочетается с сохранением исходной остроты зрения у пациентов с различными стадиями глаукомы. Отдельно необходимо подчеркнуть стабильное высокое зрение после мЦФК при ранних стадиях глаукомы. Важно отметить, что широкое применение технологии мЦФК в разнообразных клинических ситуациях за последние годы значительно приблизило офтальмологов к пониманию сути метода и, возможно, в недалеком будущем окончательно определит его роль и место в лечении глаукомы.

Полученные данные о безопасном уровне энергии лазерного воздействия, применяемого в технологии мЦФК, предопределили изменение названия данной процедуры в зарубежной литературе — TLT (transscleral laser therapy). Это также актуально и для отечественной практики — принципиальное разделение двух методов лазерного воздействия на ЦТ: коагуляционного, типичного для непрерывного лазерного режима, и стимулирующего, характерного для микроимпульсного. Выбор нового термина для данной операции должен соответствовать следующим обстоятельствам: максимально отражать патогенетическую сущность процедуры, быть анатомически ориентированным по месту приложения, определять ее хирургическую направленность и соответствовать сложившейся практике названий медицинских манипуляций.

Дополнительно необходимо отметить, что в современных приборах есть возможность переключаться как на микроимпульсный, так и на непрерывный режим, т. е. на классическую технологию ЦФК, добиваясь коагуляционного эффекта. Таким образом, для новых безопасных режимов с ограничением энергии актуально ввести новое название, а для непрерывных режимов оставить классическое название — ЦФК.

Зарубежный термин «ТЛТ — трансклеральная лазерная терапия», используемый с 2020-х гг., не вполне соответствует отечественным реалиям применения методики — это контактный характер и выполнение процедуры в операционной. Кроме того, исключение данной манипуляции из списка хирургических вмешательств отрицательно скажется на реальной офтальмохирургической активности.

В качестве примера для выбора термина, соответствующего новым энергетическим стандартам микроимпульсного режима, можно привести следующую ситуацию. Существующие лазерные антиглаукомные операции имеют устоявшиеся названия, отражающие патогенетический механизм их действия в точке приложения, в частности аргоновая (неселективная) лазерная трабекулопластика (АЛТ) сопровождается коагуляционным эффектом в трабекулярной области. Нанесение коагулятов меняет структуру трабекулы, улучшает отток жидкости и визуализируется при гонио-/биомикроскопии, что обоснованно определяет термин «трабекулопластика».

В то же время селективная лазерная трабекулопластика (СЛТ), имея в названии определение «пластика», не приводит к видимым морфологическим изменениям в зоне воздействия. Механизм снижения ВГД после СЛТ, по мнению авторов, основан на том, что под воздействием дозированной фототермической стимуляции клетки трабекулярной сети высвобождают множество цитокинов (включая интерлейкин-1 β , фактор некроза опухоли) и матричные металлопротеиназы, которые увеличивают естественный отток ВГЖ [32]. Тем не менее термин «селективная трабекулопластика» патогенетически правомерно отражает послеоперационную ситуацию с потенциально увеличенным трабекулярным оттоком после СЛТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложение изменить название «микроимпульсная циклофотокоагуляция — мЦФК» на «микроимпульсную трансклеральную лазерную циклопластику — мТЛЦ» актуально, так как предыдущее название не определяется механизмом действия процедуры без коагуляционного эффекта, повреждения ткани и выраженного гипотонического синдрома. В рамках энергетических параметров, безопасность которых доказана клиническими и морфологическими данными многочисленных публикаций, доказана минимальная травматичность процедуры. Минимальные послеоперационные осложнения, в том числе воспалительные, свидетельствуют об отсутствии коагуляционного эффекта на ЦТ с резким снижением продукции ВГЖ. Отсутствие коагуляционного некроза ЦТ и сохранение высоких зрительных функций на фоне благоприятного послеоперационного периода обеспечили активное внедрение методики в клиническую практику. Очевидный гипотензивный эффект лазерной процедуры указывает на альтернативный механизм и, наиболее вероятно, улучшение увеосклерального оттока жидкости. Благодаря короткой длительности импульса и непродолжительному рабочему циклу, температура в клетках пигментного эпителия повышается избирательно. Минимальное повреждение пигментного эпителия на уровне органелл клетки вызывает его регенерацию, активацию метаболических процессов, резорбцию жидкости, способствует транспорту веществ и активации синтеза внутриклеточных биологических факторов, увеличивает жизнеспособность клеток. Кроме того, экспериментально обнаруженное сокращение мышечных волокон со смещением склеральной шпоры в заднем и внутреннем направлениях и изменением конфигурации трабекулы (шлеммова канала) способствует расширению супрахориоидального пространства, потенциальной активации увеосклерального оттока ВГЖ.

Все указанные изменения укладываются в определение «микроимпульсная трансклеральная лазерная циклопластика — мТЛЦ», которое предлагается ввести в качестве нового названия данной процедуры при рекомендуемых экспертами (безопасных) энергетических параметрах (общая энергия — не более 200 Дж, поток энергии — не более 150 Дж/см²). В последствии возможна коррекция энергетических параметров мТЛЦ по мере накопления клинического и экспериментального опыта.

Литература/References

1. Weve H. Die Zyklotriermie des Corpus ciliare bei Glaukom. *Zentralbl. Ophthalmol.* 1933; 29: 562–9.
2. Vogt A. Versuche zur intraokularen druckherabsetzung mittelst diathermieschädigung des corpus ciliare (Zyklotriermiestichelung). *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1936; 97: 672–3.
3. Егорова Э.В. Гипотензивный эффект криоаппликации склеры в области цилиарного тела. *Офтальмологический журнал.* 1969; 1: 59–63. [Egorova Je. V. Hypotensive effect of sclera cryoapplication in the ciliary body. *Oftal'mologicheskij zhurnal.* 1969; 1: 59–63 (In Russ.)].
4. Абрамов В.Г., Артамонов В.П. Применение холода в офтальмологии. Ярославль: Верхне-Волжское книжное издательство; 1973. [Abramov V.G., Artamonov V.P. Cold application in ophthalmology. Jaroslavl': Verkhne-Volzhscoe knizhnoe izdatel'stvo; 1973 (In Russ.)].
5. Бойко Э.В. Лазеры в офтальмохирургии: теоретические и практические основы. Санкт-Петербург: Воен.-мед. акад.; 2004. [Bojko Je. V. Lasers in ophthalmic surgery: theoretical and practical foundations. St. Petersburg: Voen.-med. akad.; 2004 (In Russ.)].
6. Shields MB, Wilkerson MH, Shields MB, et al. A comparison of two energy levels for noncontact transscleral neodymium-YAG cyclophotocoagulation. *Arch Ophthalmol.* 1993 Apr; 111 (4): 484–7. doi: 10.1001/archoph.1993.01090040076034
7. Волков В.В., Качанов А.Б. Диод-лазерная трансклеральная контактная циклокоагуляция в лечении вторичных глауком и офтальмогипертензий. *Офтальмологический журнал.* 1993; 3: 274–7. [Volkov V.V., Kachanov A.B.

- Diode laser transscleral cyclocoagulation in the treatment of secondary glaucoma and ophthalmic hypertension. *Oftal'mologicheskij zhurnal*. 1993; 3: 274–7 (In Russ.).
8. Бойко Э.В., Шишкин М.М., Березин Ю.Д. Диодный лазер в офтальмологической операционной. Санкт-Петербург: Воен.-мед. акад.; 2000. 29 (1): 1–17. [Bojko E.V., Shishkin M.M., Berezin Ju.D. Diode laser in ophthalmic operating room. St. Petersburg: Voenn.-med. akad.; 2000. 29 (1): 1–17 (In Russ.).]
 9. Демир М., Большунов А.В., Шмелёва-Демир О.А., Зиангирова Г.Г. Сравнительная оценка эффективности трансклеральной диод-лазерной циклофотокоагуляции при контактной и бесконтактной методиках (экспериментально-морфологическое исследование). *Вестник офтальмологии*. 2005; 4: 14–7. [Demir M., Bol'shunov A.V., Shmel'jova-Deмир O.A., Ziangirova G.G. Comparative evaluation of transscleral diode laser cyclophotocoagulation efficacy in contact and non-contact techniques (experimental and morphologic study). *Vestnik oftal'mologii*. 2005; 4: 14–7 (In Russ.).]
 10. Дога А.В., Качалина Г.Ф., Педанова Е.К., Буряков Д.А. Технология комбинированного лазерного лечения диабетического макулярного отека. Первые результаты. *Офтальмохирургия*. 2016; 1: 39–44. [Doga A.V., Kachalina G.F., Pedanova E.K., Burjakov D.A. Technology of combined laser treatment of diabetic macular edema. First results. *Oftal'mokhirurgija*. 2016; 1: 39–44 (In Russ.).] <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2016-1-39-44>
 11. Tseng Shih-Yu. Clinical application of micropulse diode laser in the treatment of macular edema. *Am J Ophthalmol*. 2005; 139 (4): 58.
 12. Ohkoshi K, Yamaguchi T. Subthreshold micropulse diode laser photocoagulation for diabetic macular edema in Japanese patients. *Am J Ophthalmol*. 2010 Jan; 149 (1): 133–9. doi: 10.1016/j.ajo.2009.08.010
 13. Володин П.В., Иванова Е.В., Соломин В.А. и др. Первый опыт применения селективного микроимпульсного режима (577 нм) с индивидуально подобранными энергетическими параметрами для лечения острой центральной серозной хориоретинопатии. *Практическая медицина*. 2017; 9 (2): 55–9. [Volodin P.V., Ivanova E.V., Solomin V.A., et al. First experience of using selective micropulse mode (577 nm) with individually selected energy parameters for the treatment of acute central serous chorioretinopathy. *Prakticheskaja medicina*. 2017; 9 (2): 55–9 (In Russ.).]
 14. Tan AM, Chockalingam M, Aquino MC, et al. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol*. 2010 Apr; 38 (3): 266–72. doi: 10.1111/j.1442-9071.2010.02238.x
 15. Ma A, Yu SWY, Wong JKW. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol*. 2019 Jul-Aug; 64 (4): 486–97. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.01.001
 16. Kuchar S, Moster MR, Reamer CB, et al. Treatment outcomes of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in advanced glaucoma. *Lasers Med. Sci*. 2016 Feb; 31 (2): 393–6. doi: 10.1007/s10103-015-1856-9
 17. Liu GJ, 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
 18. Nemoto H, Honjo M, Okamoto M, Sugimoto K, Aihara M. Potential mechanisms of intraocular pressure reduction by micropulse transscleral cyclophotocoagulation in rabbit eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022 Jun 1; 63 (6): 3. doi: 10.1167/iovs.63.6.3
 19. Johnstone MA, Song S, Padilla S, et al. Microscope real-time video (MRTV), high-resolution OCT (HR-OCT) & histopathology (HP) to assess how transscleral 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 (9): 2825. <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2745987>
 20. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2018 Fall; 7 (3): 94–100. PMID: 30386797.
 21. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В., Елисеева М.А. Микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы. *Российский офтальмологический журнал*. 2020; 13 (2): 105–11. [Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V., Eliseeva M.A. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Russian ophthalmological journal*. 2020; 13 (2): 105–11 (In Russ.).] doi: org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111
 22. Lee JH, Shi Y, Amoozgar B, et al. Outcome of micropulse laser transscleral cyclophotocoagulation on pediatric versus adult glaucoma patients. *J Glaucoma*. 2017 Oct; 26 (10): 936–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000757
 23. Sarrafpour S, Saleh D, Ayoub S, Radcliffe NM. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: A look at long-term effectiveness and outcomes. *Ophthalmol Glaucoma*. 2019 May-Jun; 2 (3): 167–71. doi: 10.1016/j.ogla.2019.02.002
 24. Williams AL, Moster MR, Rahmatnejad K, et al. Clinical efficacy and safety profile of micropulse transscleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *J Glaucoma*. 2018; 27 (5): 445–49.
 25. Dastiridou AI, Katsanos A, Denis P, et al. Cyclodestructive procedures in glaucoma: a review of current and emerging options. *Adv Ther*. 2018 Dec; 35 (12): 2103–2127. doi: 10.1007/s12325-018-0837-3
 26. Aquino MC, Barton K, Tan AM, et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015 Jan-Feb; 43 (1): 40–6. doi: 10.1111/ceo.12360
 27. Grippo TM, Sanchez FG, Stauffer J, Marcellino G. MicroPulse® transscleral laser therapy — fluence may explain variability in clinical outcomes: A literature review and analysis. *Clin Ophthalmol*. 2021 Jun 9; 15: 2411–9. doi: 10.2147/OPHTH.S313875
 28. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovingo M, et al. Evidence-based consensus guidelines series for micropulse transscleral laser therapy: Dosimetry and patient selection. *Clin Ophthalmol*. 2022 Jun 7; 16: 1837–46. doi: 10.2147/OPHTH.S365647
 29. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Сравнительный анализ лечения пациентов с рефрактерной глаукомой (РГ) различных стадий методом микроимпульсной трансклеральной циклофотокоагуляции (мЦФК). *Офтальмология*. 2022; 19 (2): 318–24. [Ioshin I.E., Tolchinskaja A.I., Maksimov I.V., Rakova A.V. Comparative analysis of treatment of patients with refractory glaucoma of various stages by micropulse transscleral cyclophotocoagulation. *Ophthalmology in Russia*. 2022; 19 (2): 318–24 (In Russ.).] doi: 10.18008/1816-5095-2022-2-318-324
 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 (4): 22–8. [Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Rakova A.V., Maksimov I.V. Results of micropulse cyclophotocoagulation in patients with early stages of primary open-angle glaucoma. *National journal glaucoma*. 2022; 21 (4): 22–8 (In Russ.).] doi: org/10.53432/2078-4104-2022-21-4-22-28
 31. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Микроимпульсная циклофотокоагуляция при лечении рефрактерной глаукомы. Опыт повторной процедуры. *Российский офтальмологический журнал*. 2022; 15 (3): 18–25. [Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V., Rakova A.V. Repeated micropulse cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. A clinical experience. *Russian ophthalmological journal*. 2022; 15 (3): 18–25 (In Russ.).] doi: org/10.21516/2072-0076-2022-15-3-18-25
 32. Latina MA, Park CH. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies at pulsed and CW laser interactions. *Exper Eye Res*. 1995 Apr; 60 (4): 359–71. doi: 10.1016/S0014-4835(05)80093-4

Поступила: 05.11.2023. Переработана: 08.11.2023. Принята к печати: 09.11.2023

Originally received: 05.11.2023. Final revision: 08.11.2023. Accepted: 09.11.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Центр офтальмологии ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации, ул. Лосиноостровская, д. 45, Москва, 107150, Россия

Игорь Эдуардович Иошин — д-р мед. наук, профессор, заведующий Центром офтальмологии, ORCID 0009-0008-5212-7843

Для контактов: Игорь Эдуардович Иошин,
igor.ioshin@gmail.com

Ophthalmology Center, Clinical Hospital of the Office of Presidential Affairs of the Russian Federation, 45, Losinoostrovskaya St., Moscow, 107150, Russia
Igor E. Ioshin — Dr. of Med. Sci., professor, head of the centre of ophthalmology, ORCID 0009-0008-5212-7843

For contacts: Игорь Эдуардович Иошин,
igor.ioshin@gmail.com