

Селективная лазерная трабекулопластика как стартовый метод лечения первичной открытоугольной глаукомы

Еричев В.П., д.м.н., профессор, руководитель отдела глаукомы;
Рагозина Е.А., ординатор.

ФГБНУ «НИИ глазных болезней», 119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, 11А.

Авторы не получили финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Еричев В.П., Рагозина Е.А. Селективная лазерная трабекулопластика как стартовый метод лечения первичной открытоугольной глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2020; 19(1):47-54.

Резюме

Селективная лазерная трабекулопластика (СЛТ) является сравнительно молодым методом снижения внутриглазного давления у больных первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ). К основным преимуществам СЛТ относят ее безопасность и эффективность. Во всем мире лазерные методы являются второй линией лечения глаукомы, которое в большинстве случаев начинают с подбора местных гипотензивных средств. Известно, что активные компоненты глазных капель и содержащиеся в них консерванты вызывают нежелательные побочные эффекты. Данная проблема особенно актуальна у пациентов с глаукомой из-за необходимости в пожизненной терапии с момента постановки диагноза. Кроме того, механизмы взаимодействия антиглаукомных препаратов

и лекарств, принимаемых пациентами по поводу общих заболеваний, остаются не до конца изученными. В связи с вышеуказанными проблемами вопрос о возможности проведения СЛТ пациентам с впервые выявленной ПОУГ на сегодняшний день остается актуальным. В нашем обзоре мы сравнили методы селективной лазерной трабекулопластики и медикаментозной терапии, анализируя имеющуюся информацию относительно показаний, противопоказаний, осложнений, эффективности методов, качества жизни пациентов и экономических аспектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: первичная открытоугольная глаукома, селективная лазерная трабекулопластика, гипотензивная эффективность, внутриглазное давление.

ENGLISH

Selective laser trabeculoplasty as the initial treatment of primary open-angle glaucoma

ERICHEV V.P., Med.Sc.D., Professor, Head of Glaucoma Department;
RAGOZINA E.A., resident.

Scientific Research Institute of Eye Diseases, 11A Rossolimo st., Moscow, Russian Federation, 119021.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Erichev V.P., Ragozina E.A. Selective laser trabeculoplasty as the initial treatment of primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2020; 19(1):47-54.

Для контактов:

Еричев Валерий Петрович, e-mail: erichev@reic.ru

Abstract

Selective laser trabeculoplasty (SLT) is a relatively new method of intraocular pressure lowering in patients with primary open-angle glaucoma (POAG). The main advantages of SLT are its safety and effectiveness. Laser methods are considered to be the second line of glaucoma treatment worldwide. Hypotensive drugs are usually used as the initial method for glaucoma patients. It is common knowledge that preservatives and active components of eye drops usually cause adverse effects. This problem is especially relevant in patients with POAG due to the need for lifelong therapy starting from the moment of proving the diagnosis. In addition, the mechanisms of interaction between anti-

glaucoma drugs and medications for extraocular diseases remain unclear. Therefore, the question of initial SLT in patients with newly diagnosed POAG remains essentially important. In our review we compared the methods of selective laser trabeculoplasty and drug therapy in glaucoma treatment, analyzing available information regarding indications, contraindications, complications and effectiveness of the methods, patients' quality of life and economic aspects.

KEYWORDS: primary open-angle glaucoma, selective laser trabeculoplasty, hypotensive efficacy, intraocular pressure.

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) является прогрессирующим мультифакторным заболеванием, характеризующимся постепенным необратимым повреждением зрительного нерва. Несмотря на активные поиски альтернативных методов нейропротекции [1], единственным существующим способом контроля прогрессирования ПОУГ с доказанной эффективностью является снижение уровня внутриглазного давления (ВГД), которое достигается с помощью медикаментозной терапии, лазерного лечения или хирургического вмешательства.

Методы лазерной хирургии открытоугольной глаукомы условно делят на перфорационные (лазерогониопунктура) и тракционные (трабекулопластика, циклотрабекулолиз) [2]. На сегодняшний день наибольшее распространение получила лазерная трабекулопластика, в особенности методика селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ).

Согласно рекомендациям Европейского глаукомного общества лазерная трабекулопластика показана пациентам с ПОУГ, псевдоэкзофthalmической глаукомой, пигментной глаукомой и офтальмогипертензией с высокой степенью риска, у которых ВГД не контролируется должным образом медикаментозно (в связи с низкой эффективностью препаратов, непереносимостью или недостаточной приверженностью лечению). Также в рекомендациях указана возможность применения лазерной трабекулопластики как стартового метода [3]. В клинической практике традиционно к лазерному лечению переходят непосредственно после попытки снизить ВГД с помощью местных гипотензивных средств.

Длительное использование антиглаукомных капель зачастую вызывает немало нежелательных побочных эффектов местного и системного характера [4]. Кроме того, в некоторых случаях пациенты с глаукомой не в состоянии правильно соблюдать режим — регулярно закапывать капли и вовремя проходить обследования. Поэтому в последнее время все чаще появляются публикации, авторы которых рассматривают СЛТ как метод выбора у больных с впервые выявленной ПОУГ.

В данной статье мы предлагаем рассмотреть основные имеющиеся данные о методе СЛТ и провести анализ его преимуществ и недостатков в сравнении с антиглаукомными каплями. При этом нас интересуют следующие аспекты: показания, противопоказания, осложнения, эффективность методов, качество жизни пациентов и экономическая оценка.

Селективная лазерная трабекулопластика: история, механизм действия, техника выполнения

Основой для СЛТ является метод селективного фототермолиза. В 1983 г. Anderson et Parrish обнаружили, что при воздействии лазера на ткань пигментированные клетки последней могут избирательно поглощать энергию излучения, тем самым обеспечивая ограничение индуцированного лазером термического повреждения [5]. Для возникновения эффекта селективного фототермолиза требуется соблюдение двух условий. Во-первых, клетки-мишени должны содержать внутриклеточный хромофор с более высоким, чем у окружающей ткани, оптическим поглощением лазера с определенной длиной волны. Во-вторых, длительность импульса не должна превышать время термической релаксации ткани [6]. Предложенный в 1995 г. Latina et Park метод селективной лазерной трабекулопластики удовлетворял двум указанным выше критериям. Таким образом, метод обеспечивал не только отсутствие теплового воздействия на трабекулярную ткань, но и предполагал избирательное действие на пигментированные клетки трабекулы без разрушения ее структуры, что происходит при проведении аргон-лазерной трабекулопластики (АЛТ) [7].

Механизмы действия СЛТ остаются не до конца изученными. На сегодняшний день считается, что лечебный эффект достигается не только механическим действием лазера, но и в значительной степени биостимуляцией ткани трабекулы [8].

При гистологическом исследовании образцов тканей, подвергшихся СЛТ, разные авторы отмечают различную выраженность изменений. Kramer et Noecker описывают только разрушение трабекулярных

эндотелиальных клеток, вероятно, в результате расщепления цитоплазматических гранул пигмента [9]. Svenkal et al. отмечают изменения, сходные с таковыми при АЛТ, но в значительно меньшей степени, а именно — разрушение перегородок трабекулы, наличие демаркационной линии, отграничивающей место воздействия лазера [10]. Таким образом, гистологические исследования подтверждают наличие механического компонента воздействия лазерного излучения, при этом предполагается, что степень разрушения ткани зависит от дозы приложенной энергии [11].

Считается, лазерное излучение способствует биостимуляции и изменению клеточной активности облучаемой ткани, что позволяет увеличить отток внутриглазной жидкости через трабекулярную сеть и тем самым эффективно снизить ВГД. Предполагаемыми биологическими изменениями являются: секреция цитокинов, индукция матричных металлопротеиназ, ускорение деления клеток, репопуляция в зоне воздействия лазера и стимуляция перемещения и активности макрофагов [7].

В исследованиях *in vitro* Alvarado et al. показали схожий механизм действия СЛТ и аналогов простагландинов — реорганизация межклеточных связей шлеммова канала и трабекулярной сети, что способствует увеличению проницаемости ткани для внутриглазной жидкости [12].

СЛТ проводят под инстилляционной анестезией, используя гониоскопическую линзу. Технические характеристики: Nd:YAG лазер с длиной волны 532 нм; длительность импульса составляет 3 нсек, размер пятна — 400 мкм. Не существует единых стандартов процедуры в отношении количества импульсов, уровня энергии и обширности (90°, 180°, 360°) воздействия [8].

Предикторы успеха СЛТ

СЛТ может эффективно снизить ВГД не во всех случаях. Многочисленные исследования были посвящены поиску факторов, которые могли бы помочь спрогнозировать успешный исход процедуры у конкретного пациента. Полученная на сегодняшний день информация противоречива [13]. Например, по данным некоторых исследователей СЛТ менее эффективна у пациентов более старшего возраста [13-14]. Однако авторы единственного рандомизированного исследования по данному вопросу показали, что успех СЛТ не зависит от возраста, пола, факторов риска глаукомы, типа ПОУГ, степени пигментации трабекулярной сети [15]. Также корреляция не была обнаружена у пациентов с артифакцией [16].

В исследовании Lee et al. у 80% пациентов успех лазерной операции на одном глазу коррелировал с результатом СЛТ на втором [17]. По данным Shazly et Latina, степень снижения ВГД в контрлатеральном глазу совпадала в 70% случаев [18].

У пациентов с ПОУГ процент эффективного снижения ВГД после СЛТ был значительно выше в глазах с более тонкими роговицами (центральная толщина роговицы <555 мкм) [19]. C. Hirneiss et al. исследовали влияние биохимических свойств роговицы на исход СЛТ. Оказалось, измеренные с помощью Ocular Responses Analyzer параметры — роговичный гистерезис (corneal hysteresis) и фактор резистентности роговицы (corneal resistance factor) — также играют роль в прогнозировании успеха лазерной процедуры [20].

Влияние использования местных гипотензивных средств до проведения СЛТ остается не до конца изученным. Одни исследователи утверждают, что предшествующее медикаментозное лечение не оказывает влияние на эффективность СЛТ [21, 22], но существуют и наблюдения с противоположными данными [23, 24]. Контролируемых рандомизированных исследований по данному вопросу не проводилось.

Единственным общепризнанным фактором эффективности СЛТ является исходно высокий уровень ВГД [13-15, 25]. Данный факт подтверждается исследованиями, посвященными глаукоме нормального давления, при которой уровень снижения ВГД и длительность компенсации ВГД после СЛТ ниже, чем при других видах ПОУГ [26, 27]. Было показано, что проведение СЛТ пациентам с исходным уровнем ВГД менее 14 мм рт.ст. нецелесообразно [25].

Противопоказания

Противопоказаниями к проведению СЛТ являются: поствоспалительная (вторичная) глаукома, врожденная глаукома, плохая визуализация угла передней камеры (УПК) [28]. В этих случаях снижение ВГД начинают с антиглаукомных капель и при их неэффективности решают вопрос о целесообразности хирургического вмешательства.

Противопоказания к антиглаукомным препаратам варьируют в зависимости от фармакологической группы. Очевидно, индивидуальная повышенная чувствительность к компонентам препарата может возникнуть в любой группе антиглаукомных капель. Некоторые группы лекарственных средств не разрешены в педиатрической практике (аналоги простагландина, альфа2-адреномиметики). Беременность и кормление грудью также являются абсолютным противопоказанием для таких антиглаукомных препаратов, как аналоги простагландина, ингибиторы карбоангидразы. Альфа2-адреномиметики не рекомендуют использовать в период лактации. Для остальных групп препаратов беременность и лактация не являются абсолютным противопоказанием, однако применять препараты рекомендуют с осторожностью в случаях, если ожидаемый эффект терапии превышает

потенциальный риск для плода. Получение рекомендаций на уровне доказательной медицины затруднено для данной группы пациентов. Неселективные бета-адреноблокаторы не рекомендуют применять при бронхиальной астме, хронических обструктивных заболеваниях легких, синусовой брадикардии, сердечной недостаточности, атрио-вентрикулярной блокаде II-III степеней, кардиогенном шоке. С осторожностью данную группу применяют у больных с сахарным диабетом, тиреотоксикозом, при мышечной слабости. Ингибиторы карбоангидразы не рекомендуют назначать пациентам с тяжелыми нарушениями функции почек. Депрессия, прием трициклических антидепрессантов, выраженная синусовая брадикардия, облитерирующие заболевания периферических артерий, выраженный атеросклероз сосудов — основные противопоказания для альфа2-адреномиметиков [29]. Большой проблемой является взаимодействие гипотензивных средств с препаратами, которые больные применяют для лечения общих заболеваний, в особенности у пациентов с сердечно-сосудистой патологией. Данный вопрос является темой большого числа современных научных публикаций [30].

Противопоказания для препаратов различной фармакологической принадлежности не повторяются в разных группах, что делает возможным подбор терапии в зависимости от сопутствующих заболеваний у конкретного пациента. Исключением является период беременности и лактации — в данном случае проведение СЛТ может стать наиболее оптимальным решением.

Эффективность

В нескольких рандомизированных исследованиях сообщалось об одинаковой эффективности СЛТ и медикаментозной терапии у пациентов с ПОУТ и офтальмогипертензией [31]. Lai et al. сравнивали 360° СЛТ с медикаментозной терапией в группе, состоящей из 29 пациентов. На одном глазу каждого пациента была выполнена СЛТ, в другой глаз закапывали капли (бета-блокаторы, пилокарпин, дорзоламид, латанопрост или фиксированные комбинации). Статистически важной разницы не было обнаружено с 1 дня после СЛТ и в течение 5 лет наблюдения. В группе СЛТ 27,6% (8 глаз) нуждались в дополнительной медикаментозной терапии для достижения уровня ВГД ниже 21 мм рт.ст. Среднее количество лекарств, необходимых для контроля ВГД, оставалось значительно ниже в группе СЛТ, чем в группе медикаментозной терапии. В группе СЛТ 5 (17,2%) глаз и 8 (27,6%) глаз в группе медикаментозной терапии имели повышение ВГД до 42 мм рт.ст., и, несмотря на максимальное количество лекарств, потребовалось проведение хирургической операции [32].

Группа авторов из Великобритании сравнивала 90°, 180° и 360° СЛТ с лечением 0,005% латанопростом (аналог простагландина). В данном рандомизированном клиническом исследовании каждый пациент получал один вид лечения при двустороннем процессе. По полученным данным, эффективность 360° СЛТ и латанопроста одинакова [33].

Аналогичные результаты были получены и в других клинических исследованиях, которые освещены в двух существующих на сегодняшний день мета-анализах [34, 35]. Однако следует учитывать, что в разных клинических исследованиях использовались различные критерии успеха. Кроме того, в рамках данных исследований не было задачи посмотреть эффективность именно на примере пациентов с впервые выявленной глаукомой.

Осложнения

СЛТ — хорошо переносимая, безопасная процедура. Связанные с ней осложнения чаще всего кратковременны. Воспалительная асептическая реакция передней камеры, дискомфорт, гиперемия конъюнктивы в течение первой недели после проведения СЛТ являются обычными явлениями. В клинической практике часто используют стероидные и нестероидные противовоспалительные средства пре- и постоперационно для предотвращения и лечения нежелательных реакций [8]. Следует отметить, что согласно данным контролируемого рандомизированного исследования De Keyser et al. назначение данных препаратов достоверно не влияет на степень проявления вышеперечисленных побочных реакций [36].

Транзиторный подъем ВГД в первые часы после проведения СЛТ как результат воспалительной фиброзной экссудации в передней камере возникает, по данным разных авторов, в 0-62% случаев [35]. Данное осложнение чаще возникает у пациентов с пигментной глаукомой или у пациентов с выраженной пигментацией трабекулярной сети [37]. Авторы систематического обзора 2017 г. (Cochrane Database of Systematic Reviews) пришли к выводу, что периоперационное использование альфа2-агонистов оправдано с целью предотвращения подъема ВГД в период от 2 до 24 часов после выполнения процедуры [38].

Изменения сетчатки после СЛТ также редки. В литературе описаны случаи возникновения кистозного макулярного отека (часто у пациентов с предрасполагающими факторами риска: сахарным диабетом, окклюзией центральной вены сетчатки и т. д.), появления субретинальной жидкости и цилиохориоидальной отслойки [39]. Имеется единственный зарегистрированный случай ожога макулы в результате нарушения протокола проведения процедуры [40].

В метаанализе Wong et al. отметили, что передние синехии после СЛТ развиваются в 2,86% случаев, при этом данное осложнение более характерно для повторной процедуры [35].

Описаны побочные эффекты СЛТ, связанные с роговицей. В исследовании, в котором всего участвовало 66 пациентов, у 11 наблюдалось временное снижение количества эндотелиальных клеток и толщины центральной части роговицы. Оба параметра вернулись к исходному уровню через 1 месяц после процедуры [41]. Временный отек роговицы, по некоторым данным, возникает в 0,8% случаев [42]. Knickelbein et al. высказали предположение, что теоретически ЛТП может поднять уровень цитокинов в передней камере в достаточной степени, чтобы стимулировать фибробласты роговицы к расщеплению стромального коллагена, что может приводить к истончению ткани роговицы. Гиперметропический сдвиг был описан ими на примере 4 клинических случаев [43]. При неправильном проведении процедуры также возможно возникновение ожога роговицы.

Побочные эффекты глазных капель являются основной причиной некомплаентности пациентов с ПОУГ. Жжение, покраснение, помутнение зрения — наиболее частые побочные эффекты [44]. Характерные местные нежелательные явления также включают зуд, светобоязнь, снижение чувствительности роговицы, точечный кератит, синдром «сухого» глаза и др. К системным осложнениям относят ухудшение течения сопутствующих заболеваний (бронхиальная астма, заболевания сердечно-сосудистой системы и т.д.). Побочные эффекты могут проявляться со стороны всех систем органов [29]. По данным Gazzard et al., частота встречаемости катаракты была меньше в группе пациентов, первой линией терапии которых была СЛТ, что коррелирует с предположением о том, что антиглаукомные капли индуцируют созревание ядерной катаракты и необходимость в более ранней факэмульсификации [45]. Офтальмохирурги также отмечают, что после длительного использования антиглаукомных капель снижается эффективность в дальнейшем выполняемых антиглаукомных операций.

Качество жизни

Концепция качества жизни по определению ВОЗ — это «широкомасштабная концепция, включающая в себя физическое здоровье индивида, его психологическое состояние, уровень независимости, социальные связи, личные убеждения и взаимоотношения с окружающей средой» [29]. В клинической практике чаще всего внимание врачей сфокусировано лишь на первом критерии. Однако пациенты с хроническими заболеваниями, требующими лечения на протяжении всей жизни

с момента постановки диагноза, нуждаются в комплексном подходе к вышеуказанным критериям. Универсальным инструментом оценки качества жизни пациентов являются опросники. Для пациентов с глаукомой разработано большое количество различных опросников (EQ-5D, GCC, GQL-15, SIG, COMTOL, NEI-VFQ и др.).

De Keyser et al. сообщают, что СЛТ может значительно улучшить качество жизни пациентов по сравнению с закапыванием антиглаукомных капель [46]. В 2012-2014 гг. в Великобритании было проведено многоцентровое рандомизированное исследование Laser in Glaucoma and ocular HyperTension (LiGHT), по данным которого показано, что существенного преимущества в отношении качества жизни пациентов после СЛТ не наблюдается [47]. Аналогичные данные были получены в последующих подобных исследованиях [48].

Стоимость лечения

Лечение больных ПОУГ предполагает значительную экономическую нагрузку на каждого отдельного пациента и на государство в целом. Поэтому оценка экономической эффективности играет значимую роль в обсуждении вопросов тактики лечения больных.

По данным А.Д. Чупрова с соавт., при проведении СЛТ в структуре расходов основное место занимает процедура выполнения лазерной операции и повторная диагностика в течение 1 года после СЛТ, на основании которой оценивается эффективность процедуры. В данной работе были подсчитаны основные затраты на лечение в г. Оренбурге. Учитывая вариабельность цен на медицинские услуги в разных регионах РФ, для подсчета средней стоимости необходимы подобные исследования повсеместно на территории РФ [49].

В задачи исследования LiGHT также входило сравнение экономических аспектов СЛТ и антиглаукомных капель. По данному вопросу получены следующие результаты: по истечении 36 месяцев после процедуры вероятность того, что лазерное лечение экономически более выгодно, составляла 97%. Средняя сэкономленная сумма была выше, чем стоимость СЛТ для двух дополнительных пациентов, или равна стоимости пяти дополнительных визитов к офтальмологу. Однако следует учитывать, что сравнительный анализ затруднен в связи с различной стоимостью капель, наличием системных осложнений медикаментозной терапии, требующих дополнительных затрат и искажающих результаты. Кроме того, данные о затратах здравоохранения вполне могут быть неточными и неполными, что свидетельствует о необходимости уточнения результатов и проведения подобных исследований на территории других стран [47].

Выводы

На сегодняшний день, согласно европейским рекомендациям, лечение ПОУГ разрешено начинать с медикаментозной терапии и лазерного лечения. При этом общепринятым и широко применяемым в практике стартовым методом является назначение местных гипотензивных средств, из которых препаратами выбора считаются аналоги простагландинов. Применение лазерных методов на старте лечения больных с ПОУГ остается менее изученной, но многообещающей тактикой, которая все чаще освещается в современных научных публикациях.

В первую очередь на решение вопроса о начальной тактике лечения влияет тип глаукомы у конкретного пациента. Учитывая наличие противопоказаний к СЛТ, лечение глаукомы на фоне воспалительных заболеваний и постувеальной глаукомы в любом случае начинают с назначения гипотензивного режима. В отношении врожденной глаукомы специалисты придерживаются мнения о необходимости раннего хирургического вмешательства. Таким образом, СЛТ как стартовый метод в основном подходит для лечения ПОУГ, псевдоэкзофиальной и пигментной глаукомы.

Следует также учитывать индивидуальные особенности строения УПК. Необходимо помнить о том, что для качественного проведения СЛТ необходима хорошая визуализация структур УПК. Следовательно,

у пациентов с узким профилем УПК проведение СЛТ затруднено. В некоторых случаях предшествующая процедура лазерной иридотомии может восстановить визуализацию структур УПК.

Сравнивая осложнения, возникающие после СЛТ и после применения глазных капель, становится понятным, что местные побочные реакции свойственны обоим методам лечения, но более часто встречаются у пациентов, использующих капли, при этом в отличие от пациентов после лазерной процедуры нежелательные эффекты у них приобретают длительное, хроническое течение. Системные осложнения вообще не описываются у пациентов после СЛТ.

Проведенные исследования свидетельствуют об одинаковой эффективности лазерного и медикаментозного методов на старте лечения, а также в отношении качества жизни пациентов. Предоставлены данные о преимуществе СЛТ в экономическом отношении: затраты на лечение, необходимость в дальнейшей дорогостоящей хирургии глаукомы и катаракты, по полученным данным, меньше в группе пациентов с проведенным лазерным лечением.

В заключение необходимо отметить, что селективная лазерная трабекулопластика имеет определенные преимущества по сравнению с медикаментозной терапией на старте лечения, что свидетельствует о возможности применения ее в практике как стартового метода лечения.

Литература

1. Quigley H.A. Clinical trials for glaucoma neuroprotection are not impossible. *Curr Opin Ophthalmol.* 2012; 23(2):144–154. doi: 10.1097/ICU.0b013e32834ff490
2. Большунов А.В. Вопросы лазерной офтальмологии. М.: Апрель; 2013. 316 с.
3. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 4th Edition - Chapter 3: Treatment principles and options. *Br J Ophthalmol.* 2017; 101:130-195.
4. Guglielmi P., Carradori S., Campestre C., Poce G. Novel therapies for glaucoma: a patent review (2013-2019). *Exper Opin Therapeutic Patents.* 2019; 29(10):769-780. doi: 10.1080/13543776.2019.1653279
5. Anderson R.R., Parrish J.A. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science.* 1983; 220:524–527. doi: 10.1126/science.6836297
6. Latina M.A., Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp Eye Res.* 1995; 60:359-371. doi: 10.1016/s0014-4835(05)80093-4
7. Kagan D.B., Gorfinkel N.S., Hutnik C.M. Mechanisms of selective laser trabeculoplasty: a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2014; 42:675-681. doi: 10.1111/ceo.12281
8. Garg A., Gazzard G. Selective laser trabeculoplasty: past, present, and future. *Eye.* 2018; 32:863-876. doi: 10.1038/eye.2017.273
9. Kramer T.R., Noecker R.J. Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology.* 2001; 108:773–779. doi: 10.1016/s0161-6420(00)00660-6
10. Cvenkel B., Hvala A., Drnovsek-Olup B., Gale N. Acute ultrastructural changes of the trabecular meshwork after selective laser trabeculoplasty and low power argon laser trabeculoplasty. *Lasers Surg Med.* 2003; 33:204–208. doi: 10.1002/lsm.10203
11. SooHoo J.R., Seibold L.K., Ammar D.A., Kahook M.Y. Ultrastructural changes in human trabecular meshwork tissue after laser trabeculoplasty. *J Ophthalmol.* 2015; 2015:476138. doi: 10.1155/2015/476138

References

1. Quigley H.A. Clinical trials for glaucoma neuroprotection are not impossible. *Curr Opin Ophthalmol.* 2012; 23(2):144–154. doi: 10.1097/ICU.0b013e32834ff490
2. Bolshunov A.V. Voprosy lazernoj oftalmologii [The Issues of laser of ophthalmology]. Moscow: April; 2013. 316 p.
3. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 4th Edition - Chapter 3: Treatment principles and options. *Br J Ophthalmol.* 2017; 101:130-195.
4. Guglielmi P., Carradori S., Campestre C., Poce G. Novel therapies for glaucoma: a patent review (2013-2019). *Exper Opin Therapeutic Patents.* 2019; 29(10):769-780. doi: 10.1080/13543776.2019.1653279
5. Anderson R.R., Parrish J.A. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science.* 1983; 220:524–527. doi: 10.1126/science.6836297
6. Latina M.A., Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp Eye Res.* 1995; 60:359-371. doi: 10.1016/s0014-4835(05)80093-4
7. Kagan D.B., Gorfinkel N.S., Hutnik C.M. Mechanisms of selective laser trabeculoplasty: a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2014; 42:675-681. doi: 10.1111/ceo.12281
8. Garg A., Gazzard G. Selective laser trabeculoplasty: past, present, and future. *Eye.* 2018; 32:863-876. doi: 10.1038/eye.2017.273
9. Kramer T.R., Noecker R.J. Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology.* 2001; 108:773–779. doi: 10.1016/s0161-6420(00)00660-6
10. Cvenkel B., Hvala A., Drnovsek-Olup B., Gale N. Acute ultrastructural changes of the trabecular meshwork after selective laser trabeculoplasty and low power argon laser trabeculoplasty. *Lasers Surg Med.* 2003; 33:204–208. doi: 10.1002/lsm.10203
11. SooHoo J.R., Seibold L.K., Ammar D.A., Kahook M.Y. Ultrastructural changes in human trabecular meshwork tissue after laser trabeculoplasty. *J Ophthalmol.* 2015; 2015:476138. doi: 10.1155/2015/476138

12. Alvarado J.A., Iguchi R., Martinez J., Trivedi S., Similar effects of selective laser trabeculoplasty and prostaglandin analogs on the permeability of cultured Schlemm canal cells. *Am J Ophthalmol.* 2010; 150:254–264. doi: 10.1016/j.ajo.2010.03.012
13. Hirabayashi M.T., Rosenlof T.L., An J.A. Comparison of successful outcome predictors for MicroPulse® laser trabeculoplasty and selective laser trabeculoplasty at 6 months. *Clin Ophthalmol.* 2019; 13:1001–1009. doi: 10.2147/OPHTH.S205977
14. Ayala M., Enping C. Predictive factors of success in selective laser trabeculoplasty (SLT) treatment. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5:573–576. doi: 10.2147/OPHTH.S19873
15. Hodge W.G., Damji K.F., Rock W., Buhrmann R. Baseline IOP predicts selective laser trabeculoplasty success at 1 year post-treatment: results from a randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2005; 89(9):1157–1160. doi: 10.1136/bjo.2004.062414
16. Shazly T.A., Latina M.A., Dagianis J.J., Chitturi S. Effect of prior cataract surgery on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5:377–80. doi: 10.2147/OPHTH.S17237
17. Lee J.W., Wong M.O., Wong R.L., Lai J.S. Correlation of intraocular pressure between both eyes after bilateral selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2016; 25(3):248–252. doi: 10.1097/IJG.0000000000000274
18. Shazly T.A., Latina M.A. Intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty in the first treated eye vs the fellow eye. *Arch Ophthalmol.* 2011; 129(6):699–702. doi: 10.1001/archophthol.2011.108
19. Shazly T.A., Latina M.A., Dagianis J.J., Chitturi S. Effect of central corneal thickness on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty as primary treatment for ocular hypertension. *Cornea.* 2012; 31:883–886. doi: 10.1097/ICO.0b013e318243f684
20. Hirneiss C., Sekura K., Brandlhuber U., Kampik A. Corneal biomechanics predict the outcome of selective laser trabeculoplasty in medically uncontrolled glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 251:2383–2388. doi: 10.1007/s00417-013-2416-2
21. Martow E., Hutnik C.M., Mao A. SLT and adjunctive medical therapy: a prediction rule analysis. *J Glaucoma.* 2011; 20:266–270. doi: 10.1097/IJG.0b013e3181e3d2c1
22. Woo D.M., Healey P.R., Graham S.L., Goldberg I. Intraocular pressure-lowering medications and long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43:320–327. doi: 10.1111/ceo.12452
23. Lee J.W., Liu C.C., Chan J., Wong R.L., Predictors of success in selective laser trabeculoplasty for primary open angle glaucoma in Chinese. *Clin Ophthalmol.* 2014; 8:1787–1791. doi: 10.2147/OPHTH.S69166
24. Bruen R., Lesk M.R., Harasymowycz P. Baseline factors predictive of SLT response: a prospective study. *J Ophthalmol.* 2012; 2012: 642869. doi: 10.1155/2012/642869
25. Pillunat K.R., Spoerl E., Elfes G., Pillunat L.E. Preoperative intraocular pressure as a predictor of selective laser trabeculoplasty efficacy. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94:692–696. doi: 10.1111/aos.13790
26. Lee J.W., Ho W.L., Chan J.C., Lai J.S. Efficacy of selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma: 1 year results. *BMC Ophthalmol.* 2015; 15:1. doi: 10.1186/1471-2415-15-1
27. Lee J.W., Shum J.J., Chan J.C., Lai J.S. Two-year clinical results after selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma. *Medicine (Baltimore).* 2015; 94(24):984. doi: 10.1097/MD.0000000000000984
28. Alon S. Selective laser trabeculoplasty: a clinical review. *J Curr Glaucoma Pract.* 2013; 7(2):58–65. doi: 10.5005/jp-journals-10008-1139
29. Глаукома. Национальное руководство. Под ред. Е.А. Егорова. М.: GEOTAR-Медиа; 2013. 824 с.
30. Еричев В.П., Макарова А.С. Совместимость системных препаратов и местной гипотензивной терапии у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (аналитический обзор). *Офтальмология.* 2018; 15(4):366–373. doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-366-373
31. Ang M., Tham C.C., Sng C.C.A. Selective laser trabeculoplasty as the primary treatment for open-angle glaucoma: time for change? *Eye.* 2019. doi: 10.1038/s41433-019-0625-6
32. Lai J.S., Chua J.K., Tham C.C., Lam D.S. Five-year follow up of selective laser trabeculoplasty in Chinese eyes. *Clin Exper Ophthalmol.* 2004; 32:368–372. doi: 10.1111/j.1442-9071.2004.00839.x
33. Nagar M., Luhishi E., Shah N. Intraocular pressure control and fluctuation: the effect of treatment with selective laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2009; 93:497–501. doi: 10.1136/bjo.2008
12. Alvarado J.A., Iguchi R., Martinez J., Trivedi S., Similar effects of selective laser trabeculoplasty and prostaglandin analogs on the permeability of cultured Schlemm canal cells. *Am J Ophthalmol.* 2010; 150:254–264. doi: 10.1016/j.ajo.2010.03.012
13. Hirabayashi M.T., Rosenlof T.L., An J.A. Comparison of successful outcome predictors for MicroPulse® laser trabeculoplasty and selective laser trabeculoplasty at 6 months. *Clin Ophthalmol.* 2019; 13:1001–1009. doi: 10.2147/OPHTH.S205977
14. Ayala M., Enping C. Predictive factors of success in selective laser trabeculoplasty (SLT) treatment. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5:573–576. doi: 10.2147/OPHTH.S19873
15. Hodge W.G., Damji K.F., Rock W., Buhrmann R. Baseline IOP predicts selective laser trabeculoplasty success at 1 year post-treatment: results from a randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2005; 89(9):1157–1160. doi: 10.1136/bjo.2004.062414
16. Shazly T.A., Latina M.A., Dagianis J.J., Chitturi S. Effect of prior cataract surgery on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5:377–80. doi: 10.2147/OPHTH.S17237
17. Lee J.W., Wong M.O., Wong R.L., Lai J.S. Correlation of intraocular pressure between both eyes after bilateral selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2016; 25(3):248–252. doi: 10.1097/IJG.0000000000000274
18. Shazly T.A., Latina M.A. Intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty in the first treated eye vs the fellow eye. *Arch Ophthalmol.* 2011; 129(6):699–702. doi: 10.1001/archophthol.2011.108
19. Shazly T.A., Latina M.A., Dagianis J.J., Chitturi S. Effect of central corneal thickness on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty as primary treatment for ocular hypertension. *Cornea.* 2012; 31:883–886. doi: 10.1097/ICO.0b013e318243f684
20. Hirneiss C., Sekura K., Brandlhuber U., Kampik A. Corneal biomechanics predict the outcome of selective laser trabeculoplasty in medically uncontrolled glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 251:2383–2388. doi: 10.1007/s00417-013-2416-2
21. Martow E., Hutnik C.M., Mao A. SLT and adjunctive medical therapy: a prediction rule analysis. *J Glaucoma.* 2011; 20:266–270. doi: 10.1097/IJG.0b013e3181e3d2c1
22. Woo D.M., Healey P.R., Graham S.L., Goldberg I. Intraocular pressure-lowering medications and long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43:320–327. doi: 10.1111/ceo.12452
23. Lee J.W., Liu C.C., Chan J., Wong R.L., Predictors of success in selective laser trabeculoplasty for primary open angle glaucoma in Chinese. *Clin Ophthalmol.* 2014; 8:1787–1791. doi: 10.2147/OPHTH.S69166
24. Bruen R., Lesk M.R., Harasymowycz P. Baseline factors predictive of SLT response: a prospective study. *J Ophthalmol.* 2012; 2012: 642869. doi: 10.1155/2012/642869
25. Pillunat K.R., Spoerl E., Elfes G., Pillunat L.E. Preoperative intraocular pressure as a predictor of selective laser trabeculoplasty efficacy. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94:692–696. doi: 10.1111/aos.13790
26. Lee J.W., Ho W.L., Chan J.C., Lai J.S. Efficacy of selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma: 1 year results. *BMC Ophthalmol.* 2015; 15:1. doi: 10.1186/1471-2415-15-1
27. Lee J.W., Shum J.J., Chan J.C., Lai J.S. Two-year clinical results after selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma. *Medicine (Baltimore).* 2015; 94(24):984. doi: 10.1097/MD.0000000000000984
28. Alon S. Selective laser trabeculoplasty: a clinical review. *J Curr Glaucoma Pract.* 2013; 7(2):58–65. doi: 10.5005/jp-journals-10008-1139
29. Egorov E.A. Glaukoma. Natsional'noe rukovodstvo. [Glaucoma. National guideline]. Moscow: GEOTAR-Медиа; 2013. 824 p. (In Russ.).
30. Eriчев V.P., Makarova A.S. Compatibility of systemic drugs and local antihypertensive therapy in patients with primary open-angle glaucoma (analytical review). *Ophthalmology in Russia.* 2018; 15(4):366–373. (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-366-373
31. Ang M., Tham C.C., Sng C.C.A. Selective laser trabeculoplasty as the primary treatment for open-angle glaucoma: time for change? *Eye.* 2019. doi: 10.1038/s41433-019-0625-6
32. Lai J.S., Chua J.K., Tham C.C., Lam D.S. Five-year follow up of selective laser trabeculoplasty in Chinese eyes. *Clin Exper Ophthalmol.* 2004; 32:368–372. doi: 10.1111/j.1442-9071.2004.00839.x
33. Nagar M., Luhishi E., Shah N. Intraocular pressure control and fluctuation: the effect of treatment with selective laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2009; 93:497–501. doi: 10.1136/bjo.2008

34. Li X., Wang W., Zhang X.. Meta-analysis of selective laser trabeculoplasty versus topical medication in the treatment of open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2015; 5:107. doi: 10.1186/s12886-015-0091-2
35. Wong M.O., Lee J.W., Choy B.N., Chan J.C. et al. Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2015; 60:36–50. doi: 10.1016/j.survophthal.2014.06.006
36. De Keyser M., De Belder M., De Groot V. Randomized prospective study of the use of anti-inflammatory drops after selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma.* 2017; 26:22–29. doi: 10.1097/IJG.0000000000000522
37. Harasymowycz P.J., Papamatheakis D.G., Latina M., De Leon M. et al. Selective laser trabeculoplasty (SLT) complicated by intraocular pressure elevation in eyes with heavily pigmented trabecular meshworks. *Am J Ophthalmol.* 2005; 139:1110–1113. doi: 10.1016/j.ajo.2004.11.038
38. Zhang L., Weizer J.S., Musch D.C. Perioperative medications for preventing temporarily increased intraocular pressure after laser trabeculoplasty. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 2(2):CD010746. doi: 10.1002/14651858.CD010746.pub2
39. Song J. Complications of selective laser trabeculoplasty: a review. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10:137–143. doi: 10.2147/OPTH.S84996
40. Liyanage S.E., Kumaran N., De Alwis D. Macular burns resulting from the accidental use of selective laser trabeculoplasty mode during a laser capsulotomy. *Br J Ophthalmol.* 2014; 98:141–142. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303489
41. Lee J.W., Chan J.C., Chang R.T., Singh K. et al. Corneal changes after a single session of selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma. *Eye.* 2014; 28(1):47–52. doi:10.1038/eye.2013.23
42. Latina M.A., Tumbocon J.A. Selective laser trabeculoplasty: a new treatment option for open angle glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol.* 2002; 13(2):94–96. doi: 10.1097/00055735-200204000-00007
43. Knickelbein J.E., Singh A., Flowers B.E., Unni K.N. et al. Acute corneal edema with subsequent thinning and hyperopic shift following selective laser trabeculoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40(10):1731–1735. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.08.002
44. Wolfram C., Stahlberg E., Pfeiffer N. Patient-reported nonadherence with glaucoma therapy. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2019; 35(4):223–228. doi: 10.1089/jop.2018.0134
45. Gazzard G., Konstantakopoulou E., Garway-Heath D., Garg A. et al. Selective laser trabeculoplasty versus eye drops for first-line treatment of ocular hypertension and glaucoma (LiGHT): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2019; 393(10180):1505–1516. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32213-X
46. De Keyser M., De Belder M., De Groot V. Quality of life in glaucoma patients after selective laser trabeculoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2017; 10:742–748. doi: 10.18240/ijo.2017.05.14
47. Gazzard G., Konstantakopoulou E., Garway-Heath D., Barton K. et al. Laser in glaucoma and ocular hypertension (light) trial. A multicentre, randomised controlled trial: design and methodology. *Br J Ophthalmol.* 2018; 102:593–598. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310877
48. Ang G.S., Fenwick E.K., Constantinou M., Gan A. et al. Selective laser trabeculoplasty versus topical medication as initial glaucoma treatment: the glaucoma initial treatment study randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2019; Sep. 5:1–9. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313396
49. Чупров А.Д., Каныюков В.Н., Кадникова О.В., Екимов А.К. Экономическая эффективность селективной трабекулопластики. *Национальный журнал глаукома.* 2017; 16(3):36–42.
34. Li X., Wang W., Zhang X.. Meta-analysis of selective laser trabeculoplasty versus topical medication in the treatment of open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2015; 5:107. doi: 10.1186/s12886-015-0091-2
35. Wong M.O., Lee J.W., Choy B.N., Chan J.C. et al. Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2015; 60:36–50. doi: 10.1016/j.survophthal.2014.06.006
36. De Keyser M., De Belder M., De Groot V. Randomized prospective study of the use of anti-inflammatory drops after selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma.* 2017; 26:22–29. doi: 10.1097/IJG.0000000000000522
37. Harasymowycz P.J., Papamatheakis D.G., Latina M., De Leon M. et al. Selective laser trabeculoplasty (SLT) complicated by intraocular pressure elevation in eyes with heavily pigmented trabecular meshworks. *Am J Ophthalmol.* 2005; 139:1110–1113. doi: 10.1016/j.ajo.2004.11.038
38. Zhang L., Weizer J.S., Musch D.C. Perioperative medications for preventing temporarily increased intraocular pressure after laser trabeculoplasty. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 2(2):CD010746. doi: 10.1002/14651858.CD010746.pub2
39. Song J. Complications of selective laser trabeculoplasty: a review. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10:137–143. doi: 10.2147/OPTH.S84996
40. Liyanage S.E., Kumaran N., De Alwis D. Macular burns resulting from the accidental use of selective laser trabeculoplasty mode during a laser capsulotomy. *Br J Ophthalmol.* 2014; 98:141–142. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303489
41. Lee J.W., Chan J.C., Chang R.T., Singh K. et al. Corneal changes after a single session of selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma. *Eye.* 2014; 28(1):47–52. doi:10.1038/eye.2013.23
42. Latina M.A., Tumbocon J.A. Selective laser trabeculoplasty: a new treatment option for open angle glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol.* 2002; 13(2):94–96. doi: 10.1097/00055735-200204000-00007
43. Knickelbein J.E., Singh A., Flowers B.E., Unni K.N. et al. Acute corneal edema with subsequent thinning and hyperopic shift following selective laser trabeculoplasty. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40(10):1731–1735. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.08.002
44. Wolfram C., Stahlberg E., Pfeiffer N. Patient-reported nonadherence with glaucoma therapy. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2019; 35(4):223–228. doi: 10.1089/jop.2018.0134
45. Gazzard G., Konstantakopoulou E., Garway-Heath D., Garg A. et al. Selective laser trabeculoplasty versus eye drops for first-line treatment of ocular hypertension and glaucoma (LiGHT): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2019; 393(10180):1505–1516. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32213-X
46. De Keyser M., De Belder M., De Groot V. Quality of life in glaucoma patients after selective laser trabeculoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2017; 10:742–748. doi: 10.18240/ijo.2017.05.14
47. Gazzard G., Konstantakopoulou E., Garway-Heath D., Barton K. et al. Laser in glaucoma and ocular hypertension (light) trial. A multicentre, randomised controlled trial: design and methodology. *Br J Ophthalmol.* 2018; 102:593–598. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310877
48. Ang G.S., Fenwick E.K., Constantinou M., Gan A. et al. Selective laser trabeculoplasty versus topical medication as initial glaucoma treatment: the glaucoma initial treatment study randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2019; Sep. 5:1–9. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313396
49. Chuprov A.D., Kanyukov V.N., Kadnikova O.V., Ekimov A.K. Economic effectiveness of selective trabeculoplasty. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma.* 2017; 16(3): 36–42. (In Russ.).

Поступила / Received / 02.12.2019