

5. Gupta S., Sharma V.K. Guide to the treatment of keloid and hypertrophic scars. *Plastic surgery and cosmetology*. 2012; 4: 605–612.
6. Reshetov I.V., Semenova O.V. Modern Approaches to Conservative and Medical Treatment of Scars. *Head and Neck. Russian edition*. 2014; 4: 52–57.
7. Selezneva L.G., Zhuravleva M.V. About keloid scars of the skin and the possibility of their reverse development. *Sat. Trudy Institute of Surgery. Vishnevsky*. 1963; Issue 2.4YA: 230–252.
8. Sibileva K.F. Treatment and prevention of keloid scars. *Proceedings of TsIU*. Moscow, 1964; 76: 287–288.
9. Sharobaro V.I., Romanets O.P., Grechishnikov M.I., Baeva A.A. Methods of optimization of treatment and prevention of scars. *Surgery. Pirogov's Journal*. 2015; 9: 85–90.
10. Asboe-Hansen G. Hypertrophic scars and keloids. Etiology, pathogenesis and dermatologic therapy. *Dermatol*. 1960; 120: 178–184.
11. Belisario J.C. Treatment of Keloids. *Acto derm. venerol*. 1957; 37: 165–181.
12. Wechsler P. Keloids and their treatment. *Sem. Hop. Paris*, 1965; 41: 83–95.
13. Yeliseenko V., Vorobjev S. Laser wounds morphology. *Atti. del XIX Congresso nazionale*. Roma, 1990: 317–325.

УДК 617.741-089.87

ЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ С ОДНОВРЕМЕННОЙ АКТИВАЦИЕЙ РЕПАРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

С.Ю. Копаев, В.Г. Копаева

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, Москва, Россия

Резюме

Цель: разработка и апробация новой микроинвазивной технологии лазерной экстракции катаракты. *Материалы и методы.* Приведен анализ нового микроинвазивного варианта отечественной технологии лазерной экстракции катаракты (мЛЭК) с комбинированным воздействием эндодиссектора Nd-ИАГ-лазера с уникальной длиной волны 1,44 мкм и биостимулирующего гелий-неонового излучения 0,63 мкм, активирующего регенеративные процессы. Два вида излучения доставляются в полость глаза одним световодом. В 3 группах наблюдения 528 операций: 148 операций по новой технологии (мЛЭК) в сравнении с основной базовой методикой лазерной экстракции катаракты (ЛЭК – 176 операций) и ультразвуковой микроинвазивной фактоэмульсификацией катаракты (мФЭК – 204 операции). *Результаты.* При мЛЭК в 1,5 раза уменьшился расход ирригационного раствора. Потеря клеток заднего эпителия роговицы в основной группе в 2 раза меньше, чем в группе мФЭК. Эффективность работы лазерной энергии в 2 раза выше в сравнении с ультразвуком, подъем внутриглазного давления в 2 раза меньше. Эхо-биометрическая картина толщины цилиарного тела возвращалась к исходным параметрам через 15–18 сут после мЛЭК, через 20–25 сут после ЛЭК и через 80–90 сут после мФЭК. В отдаленные сроки (до 1 года) после мЛЭК отмечено меньшее количество осложнений (5,4%) в сопоставлении с мФЭК (10,3%) и несущественно меньшее в сравнении с базовой операцией ЛЭК (6,3%). *Выводы.* Новая технология мЛЭК обеспечивает снижение энергетических затрат, объема ирригации, уровня индуцированного астигматизма, потери клеток заднего эпителия роговицы, ускорение сроков реабилитации.

Ключевые слова: микроинвазивная лазерная экстракция катаракты, неодимовый ИАГ-лазер 1,44 мкм, гелий-неоновый лазер 0,63 мкм, интраоперационная биостимуляция, фактоэмульсификация.

Контакты: Копаева Валентина Григорьевна, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Для цитирования: Копаев С.Ю., Копаева В.Г. Лазерная хирургия катаракты с одновременной активацией репаративных процессов в начальной фазе посттравматической реакции // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 25–30

LASER CATARACT SURGERY WITH SIMULTANEOUS ACTIVATION OF REPARATIVE PROCESSES IN THE INITIAL PHASE OF POSTTRAUMATIC RESPONSES

Kopayev S.Yu., Kopayeva V.G.

Federal State Autonomous Institution «S.N. Fedorov National Medical Research Center «MNTK «Eye Microsurgery», Moscow, Russia

Abstract

The aim of the present work is to develop and test a new technology of laser cataract extraction (LCE). *Materials and methods.* The authors describe a micro-invasive laser cataract extraction (mLCE) with the simultaneous application of 1.44 μm Nd-YAG endodissector and biostimulating low-level 0.63 He-Ne laser light which activates regenerative processes. Two types of laser light are delivered in the same lightguide. 528 surgeries were made in three groups of patients: new technology mLCE (148 cases), basic laser cataract extraction LCE (176 cases) and ultrasound microinvasive cataract phacoemulsification (mPhEC, 204 cases). *Results.* mLCE requires less irrigation volume (by 1.5 times); loss of corneal back endothelial cells in the studied group was twice less than in mPhEC group. Laser energy was twice more effective than ultrasound; intraocular pressure was twice less. The echobarometric picture of ciliary body thickness returned to initial parameters in 15–18 days after mLCE; in 20–25 days after LCE and in 80–90 days after mPhEC. Long-term follow-up (up to one year) has shown that after mLCE there were less complications (5.4%) compared to mPhEC (10.3%) though not much less as compared to basic surgery LCE (6.3%). *Conclusion.* New mLCE technology leads to less energy costs, less irrigation volume, less induced astigmatism, less loss of corneal back epithelium cells as well as to more rapid recovery terms.

Keywords: microinvasive laser cataract extraction, 1.44 μm Nd-YAG laser, 0.63 μm He-Ne laser, intraoperative biostimulation, phacoemulsification.

Contacts: Valentina Kopayeva, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

For citation: Kopayev S.Yu., Kopayeva V.G. Laser cataract surgery with simultaneous activation of reparative processes in the initial phase of posttraumatic responses. *J. Laser Medicine*. 2018; 22 (3): 25–30 (in Russian)

Введение

Первым видом энергии, способным разрушать хрусталик глаза человека в условиях минимального операционного разреза, был ультразвук. Операция стала более совершенной, безопасной и быстрой. Однако наряду с позитивными свойствами ультразвуковая энергия несет в себе и ряд недостатков, способных вызвать изменения со стороны других тканей глаза, окружающих хрусталик. Причина – рассеянный характер распространения энергии с вовлечением в волновой фронт тканей переднего и заднего отрезка глаза, формирование свободных радикалов в зоне операции [3, 12].

Апробированное ранее транскорнеальное лазерное вскрытие передней капсулы хрусталика с размягчением ядра на предварительном этапе операции и ультразвуковая факоэмульсификация на втором этапе [14] не получили широкого внедрения в практике.

Американская технология лазерного факолизиса [13] с Nd:YAG-лазером 1,06 мкм и европейский вариант с эрбиевым ИАГ-лазером 2,94 мкм [15] из-за низкой эффективности лазера используются только при начальной катаракте.

Идеология широко рекламируемой в настоящее время транскорнеальной операции с фемтосекундным капсуло-рексисом по существу выполняемых действий является возвратом к двухэтапным транскорнеальным лазерным методам восьмидесятых годов прошлого века [16].

В России в 1994 году под руководством академика С.Н. Федорова был разработан и используется в клинике с 1997 года эффективный способ лазерной экстракции катаракты (ЛЭК) любой степени плотности на основе применения оригинальной длины волны неодимового YAG-лазера 1,44 мкм (третья гармоника), которую ранее в офтальмологии не применяли [9, 10, 11].

Деликатность и эффективность микроинвазивных технологий офтальмохирургии должны сочетаться с максимальной безопасностью послеоперационного периода, т. к. хирургическая травма уже в первичной фазе альтерации индуцирует синтез простагландинов, повышает интенсивность окислительных реакций [2, 12].

Известно, что все живые клетки, ткани, органы, системы и организмы в стрессовых ситуациях, в условиях травмы, испытывают дефицит красных квантов энергии, необходимых для нормального осуществления фотохимических процессов и регенерации тканей [1, 7].

Фундаментальные положения фотобиологии и патофизиологии позволили нам сформулировать новую научную концепцию обеспечения лазерной хирургии катаракты лечебно-профилактическим воздействием на ткани глаза при комбинированном одномоментном использовании высокоэнергетического Nd-YAG-лазера 1,44 мкм и низкоинтенсивного He-Ne-лазера 0,63 мкм, доставляемых одним световодом, для того чтобы предотвратить развитие посттравматического воспалительного процесса на начальном этапе запуска патофизиологических механизмов морфофункциональных внутриклеточных изменений.

Цель исследования: разработка и апробация новой микроинвазивной технологии ЛЭК с комбинированным

одновременным использованием разрушающего высокоэнергетического неодимового ИАГ-лазера 1,44 мкм и биостимулирующего низкоинтенсивного гелий-неонового лазера 0,63 мкм, активирующего регенеративные процессы на начальном этапе запуска патофизиологических механизмов внутриклеточных изменений.

Материал и методы

Клинический раздел работы представлен анализом 528 операций экстракции катаракты у пациентов от 65 до 95 лет и состоит из 3 групп наблюдения. Основная группа – 148 операций микроинвазивной лазерной экстракции катаракты (мЛЭК) с равными операционными доступами по 1,8 мм, с использованием двух видов лазерного излучения: лазера-эндодиссектора и лазера-биостимулятора, доставляемых в полость глаза одним световодом. Две группы сравнения: 176 операций базовой технологии лазерной экстракции катаракты (ЛЭК), практикующейся с 1997 года, с операционными доступами 2,75 мм и 1,0 мм и 204 операции микроинвазивной ультразвуковой факоэмульсификации (мФЭК) с операционным доступом 1,8 мм. Корректность сравнений обеспечена сходством групп по степени плотности ядра хрусталика, по полу и возрасту.

Дизайн новой бимануальной микроинвазивной лазерной технологии экстракции катаракты отличается от базовой отечественной операции по трем основным позициям:

1. Вместо двух разрезов роговицы 2,75 мм и 1,0 мм используются два равноразмерных прокола в роговой оболочке у лимба с расстоянием по дуге окружности в 90° шириной 1,8 мм. Они не требуют наложения швов, препятствуют индукции астигматизма, обеспечивают рациональную эргономику манипуляций, позволяя проводить все этапы операции ведущей рукой хирурга через любой операционный доступ (рис. 1 и 2).
2. Изменена пространственная геометрия лазерных и гидродинамических воздействий в полости глаза при выполнении факофрагментации путем отделения ирригации от аспирации и перемещения ее коаксиально лазерному световоду. Аспирация осуществляется в другой рукоятке, оснащенной кварцевым капилляром (рис. 3). В этих условиях исключается встречность двух разнонаправленных потоков жидкости (ирригации и аспирации), т. е. вихревые турбуленции в полости глаза, устраняются внутренние силы трения, снижается стрессовая нагрузка на цинновы связки, капсулу хрусталика и цилиарное тело. На основе математических расчетов и экспериментальных исследований определен баланс ирригационно-аспирационных параметров, реконструированы хирургические наконечники.
3. В технологию операции введен низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер в режиме интраоперационной эндобистимуляции с учетом экспериментально и клинически обоснованных допустимых параметров воздействия стимули-

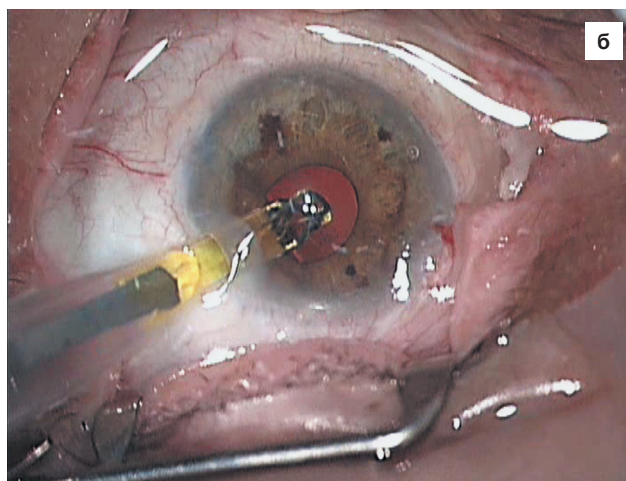
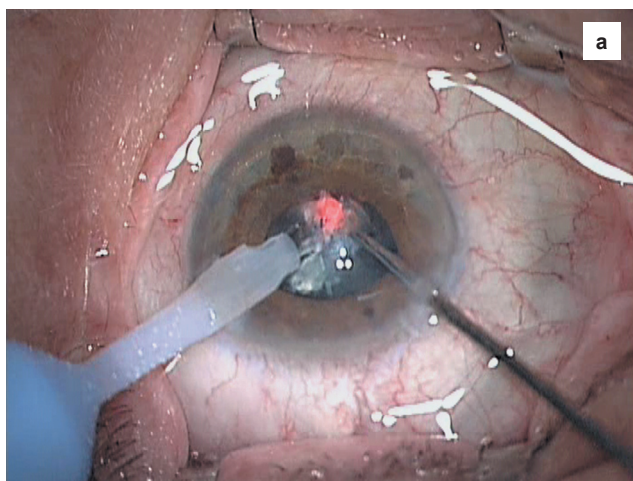


Рис. 1. Базовый вариант ЛЭК: а – начальный этап разрушения хрусталика; справа лазерный наконечник введен через прокол, равный 1,0 мм; слева ирригационно-аспирационный наконечник в разрезе 2,75 мм; б – этап имплантации ИОЛ через разрез 2,75 мм, расположенный слева

Fig. 1. Basic LCE variant: а – initial stage of lens destruction; on the right, laser tip is inserted via 1.0 mm puncture; to the left, irrigation-aspiration tip in the incision 2.75 mm; б – IOL implantation via 2.75 mm incision located on the left

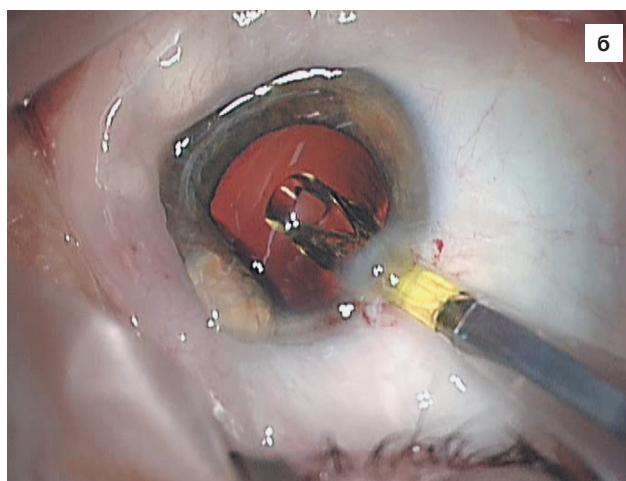
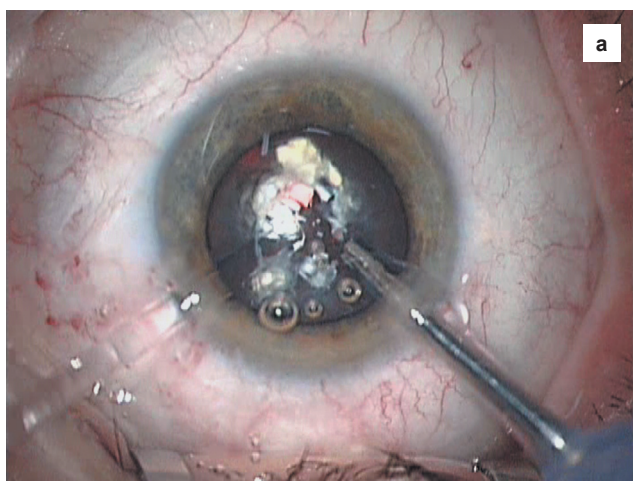


Рис. 2. Новый вариант микроинвазивной технологии ЛЭК: а – справа лазерный наконечник + ирригация в разрезе 1,8 мм, слева капилляр аспирации в разрезе 1,8 мм; б – этап введения ИОЛ ведущей (правой) рукой хирурга через правый доступ

Fig. 2. New variant of microinvasive LCE technology: а – on the right, laser tip + irrigation in incision 1.8 mm, to the left, aspiration capillary in incision 1.8 mm; б – IOL insertion by surgeon's leading (right) hand through the right access



Рис. 3. Наконечники для бимануальной микроинвазивной лазерной хирургии. Сверху лазерный инструмент с коаксиальной ирригацией. Снизу наконечник с капилляром для аспирации

Fig. 3. Tips for bimanual microinvasive laser surgery. On the top, laser instrument with coaxial irrigation. On the bottom, tip with a capillary tube for aspiration

рующего излучения He-Ne-лазера 0,63 мкм на биологические ткани [4, 5, 8]. Красное излучение гелий-неонового лазера в процессе операции выполняет три взаимно связанные функции: биостимулятора, осуществляющего профилактику послеоперационных воспалительных и дистрофических процессов, а также светового маркера, окрашивающего бесцветное излучение эндодиссектора, и трансиллюминатора.

В базовой технологии ответственные действия в первой части операции хирург выполняет ведущей (чаще правой) рукой лазерным наконечником, введенным через меньший доступ, равный 1,0 мм, находящийся справа. На завершающем этапе хирург вынужден вводить искусственный хрусталик глаза (интраокулярную линзу – ИОЛ) левой рукой через разрез большего размера 2,75 мм, где на первом этапе располагался ирригационно-аспирационный наконечник (рис. 1). Наличие двух равноразмерных подходов в новой микроинвазивной технологии по 1,8 мм избавляет хирурга от необходимости выполнять ответственный этап операции (введение ИОЛ) левой рукой через прокол большего размера, позволяет проводить имплантацию всех современных моделей линз с помощью инжекторов в любом положении ведущей рукой хирурга через любой операционный доступ (рис. 2).

Новая хирургическая технология операции потребовала оптимизации технических параметров лазерного устройства «Ракот» [6]. Были оптимизированы технические параметры лазерного излучения эндодиссектора Nd-YAG-лазера с длиной волны 1,44 мкм: возможный диапазон энергии импульса 100–400 мДж, длительность импульса 250 мс, частота следования импульсов 10–30 Гц, мощность до 5 Вт. Введена стабилизация параметров лазерных импульсов на протяжении операции. Урегулирована синхронность взаимодействия основных технических функций – силы лазерного воздействия, подачи и отведения ирригационной жидкости.

Результаты

Сравнивая энергетические параметры излучения и гидродинамические характеристики в процессе новой микроинвазивной технологии лазерной экстракции катаракты (МЛЭК) с базовой операцией ЛЭК (табл.) было отмечено, что расход ирригационного раствора и количество аспирата при МЛЭК уменьшились в 1,5 раза ($p < 0,05$), снизилась непродуктивная потеря жидкости в 1,4 раза, что статистически значимо ($p < 0,05$). В процессе МЛЭК используется в 1,5 раза большее количество физиологического раствора (219 ± 54), чем при МФЭК (145 ± 23 мл), различия значимы ($p < 0,01$). Это связано с тем, что в лазерной технологии не используется этап мануальной фрагментации ядра хрусталика. Весь процесс дробления проходит только под действием энергии лазера при включенной ирригации. Обеспечивается самопроизвольный раскол и расслоение хрусталика. При этом частота отеков роговицы и транзиторная гипертензия, а также потеря клеток эндотелия роговицы в основной группе с использованием лазерной энергии отмечались в 2 раза реже, чем в группе МФЭК. Полученные данные убедительно свидетельствуют о существенно большей безопасности лазерной энергии в сравнении с ультразвуковой.

За 1 мл затраченного объема BSS принимали 1 г массы раствора, т. к. измерение объемов по делениям на бутылках и кассетах оказалось неточным. Непродуктивную потерю раствора, связанную с фильтрацией раны и заполнением ирригационно-аспирационных инструментов, высчитывали по разнице ирригационного и аспирационного объемов ($V-v$). Энергетические параметры во всех случаях были адекватными степени плотности ядра и достаточными для его разрушения. При недостатке энергетического воздействия не происходило деления ядра, а при ультразвуковом воздействии неэффективно работала игла.

На удаление катаракты высокой плотности в сравнении с катарактой средней плотности требуется уве-

Таблица

Энергетические затраты и расход BSS при удалении катаракты с высокой плотностью ядра ($M \pm \sigma$)

Table

Energy costs and BSS consumption in the removal of cataract with a high nuclear density ($M \pm \sigma$)

Показатели Indexes	1-я группа (МЛЭК) Group 1 (mLCE) n = 53	2-я группа (ЛЭК) Group 2 (LCE) n = 55	3-я группа (ФЭК) Group 3 (mPhEC) n = 34
Лазерная энергия мДж Laser energy, mJ	250–300	260–320	–
Мощность УЗ, % Ultrasound power, %	–	–	32%
Время работы ($M \pm \sigma$) с Working time, s	$143 \pm 32^{**}$	161 ± 43	68 ± 24
Ирригационный расход V ($M \pm \sigma$), мл Irrigation volume, ml	$219 \pm 54^*$	311 ± 66	145 ± 23
Аспирационный объем v ($M \pm \sigma$), мл Aspiration volume, ml	$195 \pm 34^*$	279 ± 47	129 ± 11
Потеря раствора ($V-v$) ($M \pm \sigma$), мл Solution loss ($V-v$), ml	24 ± 9	32 ± 13	16 ± 7

Примечание. M – среднее значение; σ – среднее квадратичное отклонение; n – количество наблюдений в группе; * – $p < 0,05$ является статистически значимым по отношению ко второй группе; ** – $p < 0,05$ является статистически значимым по отношению к третьей группе.

Note. M – mean; σ – standard deviation; n – number of observations in group; * – $p < 0.05$ statistically significant with respect to the second group, ** – $p < 0.05$ statistically significant with respect to the third group.

личение времени работы лазера при мЛЭК на 19,5%, а время работы ультразвука при мФЭК должно увеличиться на 45,5%. Это говорит о том, что эффективность работы лазерной энергии в 2 раза выше в сравнении с ультразвуком.

Снижение индуцированного астигматизма в группе мЛЭК до минимального значения происходит через 2 нед., а в группах ЛЭК и мФЭК – через 1 мес. после хирургического вмешательства.

Стабилизация зрительных функций в группе пациентов с мЛЭК в сравнении с ЛЭК отмечена в более ранние сроки по причине меньшей ширины операционных доступов, отсутствия шовной фиксации и индуцированного астигматизма после мЛЭК.

Эхобиометрическая картина толщины цилиарного тела возвращалась к исходным параметрам через 15–18 сут после мЛЭК, через 20–25 сут после ЛЭК и через 80–90 сут после мФЭК. Грубого отрицательного влияния лазерной или ультразвуковой энергии на структуру цилиарного тела по эхобиомикроскопическим признакам ни в одном случае не было отмечено.

Общая тенденция изменений гидродинамики глаза в результате энергетической хирургии катаракты проявлялась резким подъемом истинного внутриглазного давления в 1–2-е сут после операции и постепенным падением близко к исходному уровню в конце первого месяца, но стабилизация гидродинамики продолжалась вплоть до 1–1,5 года.

После лазерной операции подъем ВГД в 2 раза меньше.

В отдаленные сроки до 1 года после мЛЭК отмечено меньшее количество осложнений (5,4%) в сопоставлении с мФЭК (10,3%) и несущественно меньшее в сравнении с ЛЭК (6,3%).

Наши экспериментальные и морфологические исследования впервые выявили положительный биологический эффект воздействия гелий-неонового лазера на органотипические культуры глаза человека после мЛЭК, проявляющийся стимуляцией репаративных процессов покровного эпителия роговицы, стромальных клеток лимба и пигментного эпителия сетчатки, пролонгированием сроков переживания клеточно-тканевых культур заднего эпителия роговицы при отсутствии фототоксической реакции.

Большая эффективность и безопасность лазерной хирургии в сравнении с ультразвуковой объясняется прежде всего физическими свойствами энергии, среди которых локальное воздействие излучения, строго ограниченное высоким коэффициентом поглощения водой. Энергия не выходит за пределы капсулы хрусталика. Для ультразвука, наоборот, водная среда вокруг хрусталика является хорошим проводником энергии к внутриглазным структурам.

Заключение

Сопоставляя результаты проведенных исследований с данными профессиональной литературы, следует отметить, что предложенная в настоящей работе микроинвазивная технология экстракции катаракты с использо-

ванием двух видов разноцелевых лазерных излучений является единственной в мире полностью лазерной технологией, обладающей рядом уникальных свойств, которых нет в других известных методах как лазерной, так и ультразвуковой хирургии катаракты: разрушается хрусталик любой степени плотности, оказывается энергетическое лечебно-профилактическое воздействие, обеспечивается самопроизвольный раскол и расслоение ядра. При этом энергия эндодиссектора не выходит за пределы хрусталика, нет необходимости привлечения ультразвука, нет компрессионной аппланации роговицы, нет разделения операции на 2 этапа, не нужно привлекать ОСТ в процессе операции, исключена мануальная фрагментация ядра.

Литература

1. Гамалея Н.Ф. Механизмы биологического действия излучения лазеров // Лазеры в клинической медицине / Под ред. С.Д. Плетнева. – М.: Медицина, 1996. – С. 51–58.
2. Коростелева Н.Ф., Марченкова Т.Е. Ультразвуковая факоэмульсификация и ее влияние на эндотелий роговой оболочки // Офтальмохирургия. – 1991. – № 2. – С. 21–26.
3. Малюгин Б.Э. Медико-технологическая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 2002. – 49 с.
4. Семенов А.Д., Магарамов Д.А., Сумская Л.В., Ченцова О.Б., Прокофьева Г.Л., Можеренков В.П., Макеева Н.С. Использование низкоинтенсивного гелий-неонового лазерного излучения при лечении вторичной эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы: методические рекомендации. – М., 1987. – 7 с.
5. Супова М.В., Глинская Н.Ю., Трунова О.В., Смирнова Н.С. Методические аспекты применения в терапии низкоинтенсивного лазерного излучения. Пособие для врачей. – М.: Волна, 1995. – 55 с.
6. Тахчиди Х.П., Копеева В.Г., Беликов А.В., Копеев С.Ю. Лазерная офтальмологическая многофункциональная система // Патент РФ № 2477110 С2. от 04.02.2011 г.
7. Тетерина Т.П. Свет, глаз, мозг. Принципы цветолечения. – Калуга: Облиздат, 1998. – 214 с.
8. Ульданов В.Г., Щуко А.Г., Пьянков В.З. Лазерная физиотерапия и стимуляция в офтальмологии: методические рекомендации. – Иркутск, 1996. – 20 с.
9. Федоров С.Н., Копеева В.Г., Андреев Ю.В. и др. Способ лазерной экстракции катаракты // Патент РФ № 2102048 от 20.03.95.
10. Федоров С.Н., Копеева В.Г., Андреев Ю.В. и др. Результаты 1000 лазерных экстракций катаракты // Офтальмохирургия. – 1999. – № 3. – С. 3–14.
11. Федоров С.Н., Копеева В.Г., Андреев Ю.В. Лазерное излучение – принципиально новый вид энергии для хирургии хрусталика // Клиническая офтальмология. – 2000. – Т. 1. – № 2. – С. 43–47.
12. Ходжаев Н.С. Хирургия катаракты с использованием малых разрезов: клиничко-теоретическое обоснование: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 2000. – 48 с.
13. Dodick J.M. Neodymium-YAG laser phacolysis of the human cataractous lens. *Arch. ophthalmol.* 1993; 111: 903–904.
14. Franchini A. Erbium «Phacolaser» removes soft to moderate hard nuclei with minimal complications Italian investigators report. *Euro Times.* 1999; 4: 11.
15. Höh H., Fisher E. Pilot study on erbium laser phacoemulsification. *Ophthalmol.* 2000; 107: 1053–1062.
16. Roibeard O.E. Femto surgery. Study calls into question benefit of femto-cataract surgery's accuracy in capsulorhexis. *EuroTimes.* 2013; Sept. 12: 9.

References

1. Gamaley N.F. Mechanisms of biological effects of laser irradiation. *Lasers in Clinical Medicine*. Edited by Pletnev S.D. Moscow: Medicine, 1996: 51–58.
2. Korosteleva N.F., Marchenkova T.E. Ultrasonic phacoemulsification and its effect at cornea endothelium. *Ophthalmosurgery*. 1991; 2: 21–26.
3. Malyugin B.E. Medico-technological system of surgical rehabilitation of patients with cataracts based on ultrasonic phacoemulsification with IOL implantation: Author's abstract. Dissertation of Doctor of Medical Sciences. Moscow, 2002: 49.
4. Semenov A.D., Magaramov D.A., Sumskaia L.V., Chentsova O.B., Prokofieva G.L., Mozherenkov V.P., Makeieva N.S. Low-level helium-neon laser light for the treatment of secondary endothelial-epithelial dystrophy of the cornea: Methodological recommendations. Moscow, 1987: 7.
5. Supova M.V., Glinskaya N.Yu., Trunova O.V., Smirnova N.S. Methodical aspects of application of low-level laser irradiation in therapy. Manual for physicians. Moscow: Volna, 1995: 55.
6. Takhchidi Kh.P., Kopaeva V.G., Belikov A.V., Kopaev S.Yu. Laser ophthalmologic multifunctional system. Patent of the Russian Federation No. 2477110 C2. dated Feb. 4, 2011.
7. Teterina T.P. Light, eye, brain. Principles of color treatment. Kaluga: Oblizdat, 1998: 214.
8. Uldanov V.G., Shchuko A.G., Pyankov V.Z. Laser physiotherapy and stimulation in ophthalmology: methodical recommendations. Irkutsk, 1996: 20.
9. Fedorov S.N., Kopaeva V.G., Andreev Yu.V. et al. A technique for laser cataract extraction, Patent No. 2102048 of Russian Federation dated March 20, 1995.
10. Fedorov S.N., Kopaeva V.G., Andreev Yu.V. et al. Results of 1 000 laser cataract extractions. *Ophthalmosurgery*. 1999; 3: 3–14.
11. Fedorov S.N., Kopaeva V.G., Andreev Yu.V. Laser light – a fundamentally new type of energy for ocular lens surgery. *Clinical ophthalmology*. 2000; 1 (2): 43–47.
12. Khodzhaiev N.S. Cataract surgery with minor incisions: clinical and theoretical backgrounds. Author's abstract. Dissertation of Doctor of Medical Sciences. Moscow, 2000: 48.
13. Dodick J.M. Neodymium-YAG laser phacolysis of the human cataractous lens. *Arch. ophthalmol.* 1993; 111: 903–904.
14. Franchini A. Erbium «Phacolaser» removes soft to moderate hard nuclei with minimal complications Italian investigators report. *Euro Times*. 1999; 4: 11.
15. Höh H., Fisher E. Pilot study on erbium laser phacoemulsification. *Ophthalmol.* 2000; 107: 1053–1062.
16. Roibeard O.E. Femto surgery. Study calls into question benefit of femto-cataract surgery's accuracy in capsulorhexis. *Eurotimes*. 2013; Sept. 12: 9.

УДК 615.8; 615.9; 616-099

ЛАЗЕРНО-СТИМУЛИРОВАННАЯ ФОТОДИССОЦИАЦИЯ КАРБОКСИГЕМОГЛОБИНА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ДЕТОКСИКАЦИИ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ УГАРНЫМ ГАЗОМ

С.О. Мамилов¹, С.С. Есьман¹, М.М. Асимов², А.И. Гизбрехт³¹ Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины, Киев, Украина² Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь³ Институт электроники Болгарской АН, София, Болгария

Резюме

Приведены результаты исследований спектральной зависимости степени лазерно-стимулированной фотодиссоциации карбоксигемоглобина (HbCO) в артериальной крови при облучении первой фаланги пальца руки. Определение относительной концентрации HbCO проводится методом пульсовой оксиметрии. По данным статистической обработки измерений в спектральном диапазоне 400–940 нм получено значение изменения относительной концентрации HbCO в зависимости от длины волны источника излучения. Показано, что в спектрах HbCO наблюдаются три максимума (на 525, 600 и 850 нм), где уменьшение относительной концентрации HbCO достигает 2,5%. В области максимального эффекта в видимой области спектра было проведено исследование эффекта от мощности облучения. На обеих длинах волн изменение относительной концентрации HbCO выходит на насыщение при мощности более 40 мВт. Скорость фотодиссоциации HbCO очень высока, и ее квантовый выход, который составляет почти 80% в области максимального эффекта, позволяет ожидать высокой эффективности предлагаемого оптического метода устранения токсического действия угарного газа.

Ключевые слова: карбоксигемоглобин, угарный газ, лазерно-стимулированная фотодиссоциация.

Контакты: Мамилов С.О., e-mail: MamilovSO@nas.gov.ua

Для цитирования: Мамилов С.О., Есьман С.С., Асимов М.М., Гизбрехт А.И. Лазерно-стимулированная фотодиссоциация карбоксигемоглобина как перспективный метод детоксикации при отравлении угарным газом // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 30–33

LASER-ASSISTED BLOOD CARBOXYHEMOGLOBIN PHOTODISSOCIATION: A PROMISING TECHNIQUE FOR DECREASING CARBON MONOXIDE INTOXICATION

Mamilov S.O.¹, Esman S.S.¹, Asimov M.M.², Gisbrecht A.I.³¹ Institute of Applied Problems of Physics and Biophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine² Institute of Physics of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus³ Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Abstract

Experimental results of in-vivo studies on laser-assisted photodissociation of carboxyhemoglobin (HbCO) under visible and near IR optical irradiation of arterial blood in the first hand finger are presented. Arterial HbCO concentration was measured by the fingertip pulse oximetry. The statistical assessment of obtained measurements in the spectral range of 400–940 nm has revealed changes in HbCO rela-