

УДК 617.741-007.21:615.849.19

РАЗРАБОТКА МИКРОИНВАЗИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ЭКСТРАКЦИИ КАТАРАКТЫ

© С.Ю. Копаев, Б.Э. Малюгин, В.Г. Копаева

Ключевые слова: факоэмульсификация; лазерная экстракция катаракты.

Разработана технология микроинвазивной лазерной экстракции катаракты (МЛЭК) с использованием высокоэнергетического лазера-эндодиссектора Nd-YAG 1,44 мкм и биостимулятора гелий-неонового лазера 0,63 мкм. Новый дизайн операции имеет два роговичных доступа шириной 1,8 мм, изменена пространственная геометрия лазерных и гидравлических воздействий в полости глаза, эргономика этапов факофрагментации, введен режим интраоперационной эндобистимуляции для профилактики послеоперационного воспалительного процесса. Операция обеспечивает большую безопасность и эффективность в сравнении с микроинвазивной ультразвуковой факоэмульсификацией.

ВВЕДЕНИЕ

Технология ультразвуковой факоэмульсификации развивается и совершенствуется уже на протяжении 45 лет, являясь в настоящее время основным методом хирургии катаракты [1–2]. Однако, с физической точки зрения, ультразвуковая энергия наряду с позитивными свойствами несет в себе и ряд недостатков, способных вызвать существенные изменения в тканях глаза. Основные отрицательные свойства ультразвука применительно к катарактальной хирургии – это рассеянный характер распространения энергии с вовлечением в рабочую зону (30–40 мм) тканей переднего и заднего отрезка глаза, формирование свободных радикалов в зоне операции и нагревание ультразвуковой иглы [3–6].

Лазерные способы в сравнении с ультразвуковой хирургией катаракты находятся в начальной стадии развития, однако они уже сделали серьезную заявку на то, чтобы занять ведущие позиции в катарактальной хирургии [7–11]. Методика операции и ее техническое обеспечение требуют дальнейшей разработки. Очевидно, что с усовершенствованием лазерных операций будут связаны новые перспективы современной хирургии катаракты. В этих условиях совершенствование отечественной технологии является своевременной и весьма актуальной проблемой.

Цель исследования: разработка микроинвазивной технологии лазерной экстракции катаракты с использованием высокоэнергетического лазера-эндодиссектора Nd-YAG 1,44 мкм и биостимулятора гелий-неонового лазера 0,63 мкм.

Новый дизайн хирургической микроинвазивной бимануальной лазерной технологии экстракции катаракты характеризуется изменением трех основных позиций, отличающих ее от исходного базового варианта отечественной лазерной операции экстракции катаракты, применяющегося в клиниках ФГБУ МНТК «Микрохирургии глаза» и ряде других клиник России, Украины, Узбекистана, Киргизии с 1997 г.

Первая позиция изменений: переход от двух роговичных разрезов 2,75 и 1,0 мм к формированию двух равнозначных роговичных доступов шириной 1,8 мм, не требующих наложения швов. Решение о формировании двух одинаковых доступов исходило из оценки эргономики технологического процесса разрушения хрусталика и вымывания эпинуклеуса с последующим введением интраокулярной линзы (ИОЛ) и необходимости приведения технологии в соответствие современным требованиям микрохирургии. 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 ИОЛ левой рукой через разрез 2,75 мм, где на первом этапе располагался ирригационно-аспирационный наконечник (рис. 1а и 1б).

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. 2а и 2б).

Два равноразмерных прокола в роговой оболочке у лимба с расстоянием по дуге окружности в 90° препятствуют индукции аметропии, обеспечивают рациональную эргономику манипуляций.

Вторая позиция совершенствования технологического дизайна операции – изменение пространственной геометрии лазерных и гидравлических воздействий в полости глаза путем отделения ирригации от аспирации и перемещения ее коаксиально лазерному световоду.

Аспирация осуществляется в другой рукоятке, оснащенной кварцевым капилляром. В этих условиях исключается встречность двух разнонаправленных потоков жидкости (ирригации и аспирации) и вихревые турбуленции в полости глаза, поддерживающие хаоти-

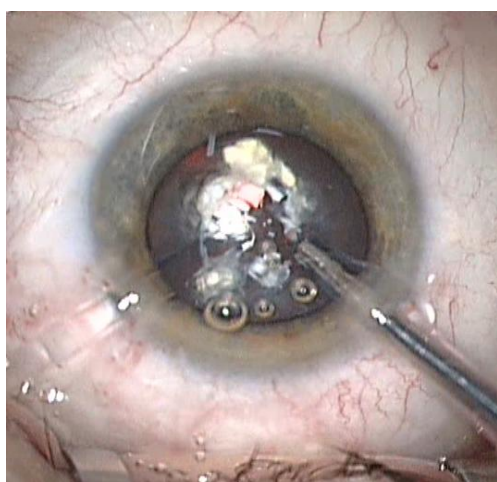


а)

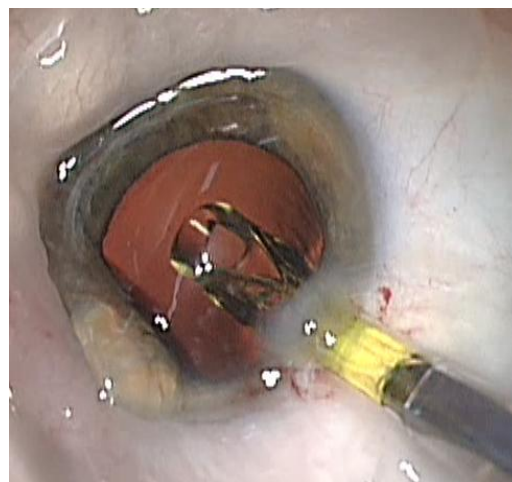


б)

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



а)



б)

Рис. 2. Новый вариант микроинвазивной технологии (мЛЭК): а) начальный этап операции. Справа лазерный наконечник + ирригация в разрезе 1,8 мм. Слева капилляр аспирации в разрезе 1,8 мм; б) этап введения ИОЛ через правый доступ

ческое перемещение фрагментов хрусталика. При разделении встречных потоков жидкости устраняются внутренние силы трения, становится шире рабочая область ирригации, что позволяет сократить объем движений наконечников и, как результат, снизить стрессовую нагрузку на цинновы связки, капсулу хрусталика и цилиарное тело. Аспиратор изготовлен из материала, прозрачного как для глаза хирурга, так и для лазерного излучения, поэтому рабочая часть наконечника не повреждается излучением, не оставляет посторонних микрочастиц в полости глаза. Специальная обработка стенок аспиратора обеспечивает эффект внутренних отражений, приводит к концентрации лазерной энергии в полости трубочки, что позволяет разрушать хрусталиковые массы как снаружи, так и внутри аспирационного канала.

Хирургические наконечники адаптированы под одинаковые операционные доступы 1,8 мм для осуществления трех основных функций катарактальной

хирургии: доставки лазерного излучения, ирригации и аспирации с изменением энергетического воздействия, ирригации и аспирации. Введена стабилизация параметров лазерных импульсов на протяжении операции. Технические данные 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. Урегулирована синхронность взаимодействия силы лазерного воздействия, подачи и отведения ирригационной жидкости.

Третья позиция изменений в нашей методике операции – введение низкоинтенсивного гелий-неонового лазера в режиме интраоперационной эндобистимуляции. Следует отметить, что в первых моделях лазерной машины «Ракот» гелий-неоновый лазер с минимальными параметрами был введен с единственной целью цветového маркера для визуализации невидимого раз-

рушающего излучения Nd-YAG лазера 1,44 мкм. В процессе клинической практики были отмечены еще и другие полезные функции. Он является также энергетическим биостимулятором и осветителем операционного поля при работе в задней камере глаза, особенно в глубине формирующегося кратера в ядре хрусталика.

Параметры низкоинтенсивного излучения гелий-неонового лазера 0,63 мкм: плотность потока мощности от 50 до 100 мкВт/см² с выходной мощностью до 5,0 мВт.

Эндоокулярное воздействие гелий-неонового лазера на внутренние структуры глаза в качестве биостимулирующего агента в катарактальной хирургии нами и другими авторами ранее не подвергалось анализу.

Математическое моделирование и экспериментальное исследование баланса ирригационно-аспирационных параметров микроинвазивной лазерной экстракции катаракты в новых условиях уменьшения роговичных доступов и разделения встречных потоков жидкости (ирригации и аспирации) выполнено в экспериментально-техническом производстве ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» под руководством заместителя директора ЭТП И.А. Латыпова.

Для обеспечения достаточного объема жидкости в новом варианте хирургической технологии пришлось уменьшить сечение ирригационного просвета в 2,7 раза по сравнению с предшествовавшей позицией, подняли высоту емкости с ирригационной жидкостью на 20 см выше прежней позиции, т. е. до высоты 1,2 м. Для сохранения баланса между ирригацией и аспирацией потребовалось уменьшение аспирационного потока в 2,4 раза. Диаметр внутреннего сечения аспирационного кварцевого капилляра был определен с учетом среднего размера хрусталиковых фрагментов, при которых не возникает обтурации внутреннего просвета аспирационного канала и можно больше не увеличивать лазерную энергию для дробления удаляемого материала.

В результате внутреннее сечение канала ирригации 1,6 мм совмещено с лазерным световодом, имеющим диаметр 0,8 мм, просвет аспирационного канала 1,15 мм. Минутный объем ирригационной жидкости, вытекающий из наконечника базовой технологии лазерной экстракции катаракты (ЛЭК), составил $28,4 \pm 1,3$ мл, а из наконечника для микрохирургической операции (мЛЭК) – $21,6 \pm 1,2$ мл ($P \leq 0,05$).

Тестирование гидравлического баланса провели на изолированных свиных глазах. Оптимальным оказался уровень аспирации 70 мм рт. ст., сопровождающий энергию 200 мДж на первом этапе операции, когда разрушается плотное вещество хрусталика, и 140 мм рт. ст. в сочетании с энергией 100 мДж на втором этапе операции при удалении менее плотного эпинуклеуса, когда ускорен процесс аспирации. При этом отсутствует коллапс роговицы.

Снизилась скорость перемещения жидкости в передней камере глаза и, соответственно, степень механической нагрузки на заднюю поверхность роговицы. С помощью термографа ИРТИС 2000 было подтверждено отсутствие термического воздействия на окружающие ткани: роговицу, радужку даже при максимально возможной энергетической нагрузке 450 мДж Nd-YaG лазера 1,44 мкм, которая в клинике никогда не применяется.

Клиническая апробация метода микроинвазивной лазерной экстракции катаракты (м ЛЭК) выполне-

на на 148 глазах в сравнении со второй (контрольной) группой 176 глаз, где ранее выполнялась базовая операция лазерной экстракции катаракты (ЛЭК). Возраст пациентов от 55 до 95 лет. Группы исследования были сопоставимы по возрастному и гендерному составу. Корректность сравнений обеспечена сходством групп по степени плотности ядра хрусталика. В данной работе в двух группах исследования были пациенты только со средней и с высокой плотностью ядра. В работу не включали пациентов с рефракционным удалением прозрачного хрусталика и катарактой 1 степени плотности, которые могли быть удалены с малым количеством энергии или только на аспирации.

Оценка расхода ирригационной жидкости при удалении катаракт высокой степени плотности показала, что 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 нет этапа мануальной фрагментации ядра хрусталика и весь процесс дробления проходит под действием энергии лазера при включенной ирригации. Тем не менее частота отеков роговицы (0,7 %) и транзиторная гипертония (1,35 %) в основной группе с использованием лазерной энергии отмечались реже, чем в группе мФЭК (1,5 и 2,9 % соответственно). Потеря клеток ЗЭР в лазерной хирургии в 2 раза меньше, чем в ультразвуковой (5,6 и 10,2 %). Полученные данные убедительно свидетельствуют о существенно *большей безопасности* предложенной нами микроинвазивной лазерной экстракции катаракты в сравнении с микроинвазивной ультразвуковой фактоэмульсификацией.

Эффективность работы лазерной энергии в 2 раза выше в сравнении с ультразвуком. На удаление катаракты высокой плотности в сравнении с катарактой средней плотности требуется увеличение времени работы лазера при мЛЭК на 19,5 %, а время работы ультразвука при мФЭК должно увеличиться на 45,5 %.

Отмечено достоверное ($p < 0,05$), в 2,5 раза меньшее увеличение толщины роговицы ($\Delta(8,5 \pm 0,7)$) после мЛЭК по сравнению с данными после мФЭК ($\Delta(21,6 \pm 0,9)$) и в 2 раза меньший подъем истинного внутриглазного давления в раннем послеоперационном периоде. Эхобиометрическая картина толщины цилиарного тела возвращалась к исходным параметрам через 15–18 дней после мЛЭК, и через 80–90 дней после мФЭК.

Биостимулирующее воздействие низкоинтенсивного излучения He-Ne лазера 0,63 мкм [12] в эксперименте на клеточно-тканевых культурах переднего эпителия роговицы, пигментного эпителия сетчатки и стромальных клеток лимба проявлялось активацией репаративных процессов, увеличением уровня экспрессии генов, ответственных за поддержание противовоспалительного фактора, пролонгированием сроков переживания клеточных культур заднего эпителия роговицы, проследенных до 21 суток. При одновременном эндоокулярном использовании в процессе операции двух лазерных излучений не происходит подавления стимулирующего эффекта низкоинтенсивного излучения He-Ne лазера 0,63 мкм высокоэнергетическим Nd-YAG лазером 1,44 мкм.

К клиническим проявлениям воздействия He-Ne лазера можно отнести быстрое восстановление живой реакции зрачка на свет, уменьшение послеоперационных экссудативных проявлений, отмеченное у пациентов

после мЛЭК, а также снижение потери клеток ЗЭР и послеоперационной гидратации центрального отдела роговицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных клинических исследований, в сопоставлении с данными, имеющимися в профессиональной литературе, свидетельствуют о том, что предложенная в настоящей работе микроинвазивная технология экстракции катаракты с использованием двух видов разноцелевых лазерных излучений обладает рядом уникальных свойств, которых нет в других известных методах энергетической хирургии катаракты, как лазерной, так и ультразвуковой:

- разрушает хрусталик любой степени плотности;
- оказывает энергетическое лечебно-профилактическое воздействие;
- обеспечивает энергетический раскол и расслоение ядра, при этом:
 - энергия эндодиссектора не выходит за пределы хрусталика;
 - нет необходимости привлечения ультразвука;
 - нет необходимости в мануальной фрагментации ядра;
 - нет компрессии и аппланации роговицы с повышением ВГД;
 - нет кровоизлияний в переднем отрезке глаза;
 - нет разделения операции на 2 этапа.

Дополнение микроинвазивной хирургической технологии лазерной экстракции катаракты лечебно-профилактическим компонентом эндоокулярной стимуляции репаративных процессов не усложняет и не удлиняет процесс операции и вместе с тем способствует реабилитации не только пациентов, но и метода лечения, поскольку ни одна из хирургических технологий не гарантирует полного отсутствия послеоперационных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л.И., Баранов И.Я., Переведенцева Л.А. Факоэмульсификация катаракты – 10-летний опыт // Офтальмохирургия. 2005. № 3. С. 45-51.

2. Малугин Б.Э. Медико-технологическая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2002.
3. Ходжаев Н.С. Хирургия катаракты с использованием малых разрезов: клиничко-теоретическое обоснование: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2000.
4. Shimamura S., Tsubota K., Oguchi Y. et al. Oxiradical dependent Photoemission induced by phacoemulsification probe // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1992. № 33. P. 2904-2907.
5. Takahashi H., Sakamoto A., Takahashi R. et al. Free radicals in phacoemulsification and aspiration procedures // Arch. Ophthalmol. 2002. V. 120. P. 1348-1352.
6. Topaz M., Motiei M., Assia E. et al. Acoustic cavitation in phacoemulsification: chemical effects, models of action and cavitation index // Ultrasound Med. Biol. 2002. V. 28. P. 775-784.
7. Копеева В.Г., Андреев Ю.В., Беликов А.В., Кравчук О.В., Меньшиков А.Ю. Лазерная экстракция бурых катаракт с Nd: YAG 1,44 мкм лазером // Вестн. офтальмол. 2002. № 1. С. 22-26.
8. Копеева В.Г., Андреев Ю.В. Лазерная экстракция катаракты. М.: Офтальмология, 2011. 261 с.
9. Копеева В.Г., Копеев С.Ю., Гинойн А.А., Алборова В.В. Использование лазерной энергии в хирургии катаракты // Вестник РАЕН. 2012. № 1. Т. 12. С. 77-80.
10. Федоров С.Н., Копеева В.Г., Андреев Ю.В. и др. Способ лазерной экстракции катаракты. Патент РФ № 2102048 от 20.03.1995 г.
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. Сабурин И.Н., Колокольцова Т.Д., Копеев С.Ю., Зурин И.М., Борзенко С.А. Опыт культивирования клеток переднего эпителия роговицы глазного яблока человека // Патологическая физиология и экспериментальная медицина. 2014. № 4. С. 120-126.

Поступила в редакцию 9 февраля 2015 г.

Kopayev S.Y., Malyugin B.E., Kopayeva V.G. DEVELOPING OF MICROINVASIVE LASER CATARACT EXTRACTION TECHNOLOGY

A microinvasive laser cataract extraction (mLCE) technique was developed employing high-energy Nd-YAG 1.44 μm laser-endodissector and biostimulative He-Ne laser 0.63 μm . The new surgery design includes two corneal incisions 1.8 mm wide; spatial geometry of laser and hydraulic actions along with phaco-fragmentation ergonomics were optimized; a novel intraoperative endobiosimulation regimen preventing postoperative inflammation was introduced. The surgical technique provides better safety and efficacy comparing to microinvasive ultrasound phacoemulsification.

Key words: phacoemulsification; laser cataract extraction.

Копеев Сергей Юрьевич, МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Москва, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Kopayev Sergei Yuryevich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Moscow, Russian Federation, Candidate of Medicine, Senior Scientific Worker, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Малугин Борис Эдуардович, МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Москва, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Malyugin Boris Eduardovich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Moscow, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor, Deputy of General Director, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Копеева Валентина Григорьевна, МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Москва, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, главный научный консультант, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru

Kopayeva Valentina Grigorievna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Moscow, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor, Main Scientific Consultant, e-mail: vgkopayeva@yandex.ru