

УДК 617.741-007.21

Состояние заднего эпителия роговицы после лазерной и ультразвуковой факофрагментации. Электронно-микроскопическое исследование в эксперименте. Сообщение 3

С.Ю. Копаев, С.А. Борзенок, В.Г. Копаева, В.У. Алборова

ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Оценить степень безопасности лазерной энергии путем сравнения реакции клеток заднего эпителия роговицы глаза после лазерной и ультразвуковой хирургии катаракты.

Материал и методы. Электронная микроскопия клеток заднего эпителия роговицы глаза выполнена на трех трупных глазах после лазерной факофрагментации с отечественным прибором «Ракот» (Россия), проводящим по одному волокну два излучения: лазера-эндодиссектора Nd:YAG 1,44 мкм и гелий-неонового лазера, оказывающего биостимулирующее воздействие на внутриглазные структуры в процессе операции; и на трех парных глазах – после ультразвуковой факоэмульсификации с прибором «Миллениум» (США).

Результаты. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) клеток заднего эпителия роговицы глаза после лазер-

ной операции не выявила существенных отклонений от нормы. По данным СЭМ, после ультразвуковой факоэмульсификации на задней поверхности роговицы встречаются участки с дефектами площадью в 3-7 клеток чаще всего округлой формы со сглаженными валикообразными краями, включающие в себя фрагменты клеток заднего эпителия роговицы, преимущественно ядра. Дном имеющихся дефектов-углублений является задняя поверхность десцеметовой мембраны.

Выводы. В сравнении с ультразвуком лазерная энергия в хирургии катаракты не оказывает грубого отрицательного воздействия на высокочувствительный слой клеток заднего эпителия роговицы.

Ключевые слова: эндотелий роговицы, лазерная факофрагментация, лазерная машина «Ракот» с Nd:YAG 1,44 мкм, факоэмульсификация. ■

Офтальмохирургия.– 2014.– № 2.– С. 6-9.

Corneal Endothelium Cells Response after laser and ultrasound phacofragmentation. Electron microscopy in experiment. Report 3

S.Y. Kopayev, S.A. Borzenok, V.G. Kopayeva, V.U. Alborova

The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russia

ABSTRACT

Purpose. To evaluate a laser energy safety level by comparison of corneal endothelium cells response after various methods using energy of ultrasound and laser phacofragmentation.

Material and methods. Ultrasound phacoemulsification (Millennium) was performed in 3 right cadaver human eyes (males, 68-72 years) 6 hrs post mortem. Laser phacofragmentation was performed in 3 left eyes of the same individuals using the Russian device "Rakot" (Nd:YAG 1.44µm). Electron transmission microscopy (ETM) of pigment epithelium in macular area of retina was carried out.

Results. Electron microscopy of corneal endothelium monolayer after laser phacofragmentation found NO significant

abnormalities. After ultrasound phacoemulsification we detected areas with defects in endothelium monolayer sized 3-7 cells with round shape and smoothed cushion-like edges incorporating endothelial cells fragments with mostly cell nuclei parts. Posterior surface of the descemet's membrane was a bottom of the existing hollow defects.

Conclusions. Compared to ultrasound energy the laser energy in phacofragmentation inflicts NO adverse effects on highly sensitive corneal endothelium.

Key words: corneal endothelium cells, phacoemulsification, laser phacofragmentation, Russian laser device "Racot" (ND:YAG 1.44µm). ■

Офтальмохирургия.– 2014.– № 2.– С. 6-9.

Одновременно с использованием ультразвуковой факоэмульсификации (ФЭ) катаракты развивается и совершенствуется хирургическая техника лазерной экстракции катаракты (ЛЭК), разработанная в МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова¹. При ЛЭК применяется оптимальная для разрушения хрусталика длина волны Nd:YAG-лазера 1,44 мкм, одновременно с He-Ne-лазером 0,63 мкм, оказывающим биостимулирующее воздействие на внутриглазные структуры в процессе операции. Сравнение двух методик (лазерной и ультразвуковой) у пациентов с неосложненной катарактой только по функциональным показателям после операции не выявляет существенных различий. Среди клинических методик морфометрия исследование клеток заднего эпителия роговицы (ЗЭР) оказалась самым чувствительным тестом, самым точным методом при изучении реакции глаза на операционную травму после энергетической хирургии катаракты [1, 4-6]. Исследования показали, что после выполнения ЛЭК тонкий процесс клеточной репаративной регенерации заканчивается через 1 мес. после операции, а после ультразвуковой факоэмульсификации – спустя 3 мес. после операции.

Кроме того, после лазерной экстракции катаракты не изменяется коэффициент формы клеток заднего эпителия роговицы и не уменьшается процент гексагональности клеток даже после удаления самых плотных и бурых хрусталиков. Это можно считать одним из важных критериев безопасности метода для окружающих тканей глаза, выявленных при биомикроскопии. Подобные исследования после ультразвуковой ФЭ плотных ядер выявили значительные изменения коэффициента формы клеток, уменьшение процентного

содержания гексагональных клеток. Общая потеря клеток ЗЭР после ЛЭК вдвое меньше, чем после ультразвуковой ФЭ [5, 6]. Для углубленного изучения состояния клеточного пласта заднего эпителия роговицы, от которого зависит жизнеспособность роговицы после энергетической хирургии катаракты (лазерной и ультразвуковой), необходимо провести электронно-микроскопическое исследование в сравнительном аспекте. Подобные исследования, отражающие степень травматичности и безопасности указанных операций, еще не проводились.

ЦЕЛЬ

Оценить в сравнительном аспекте состояние клеток заднего эпителия роговицы глаза после лазерной и ультразвуковой факофрагментации в эксперименте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На трех парах трупных глаз, не имеющих глазной патологии, через 6 часов после смерти произведена лазерная и ультразвуковая факофрагментация. Пол – мужской, возраст – 68, 69 и 70 лет. На правых глазах производилась микроинвазивная лазерная операция. По одному световоду проводится два лазерных излучения: лазера эндодиссектора Nd:YAG 1,44 мкм и гелий-неонового лазера, являющегося одновременно цветовым маркером для бесцветного излучения Nd:YAG 1,44 мкм и клеточным биостимулятором. На левых глазах была выполнена ультразвуковая факоэмульсификация на аппарате «Миллениум». Каждая операция выполнялась с установкой стандартного режима энергии, применяемого обычно в клинике при разрушении плотного склерози-

рованного ядра хрусталика у пациентов в возрасте 70 лет. Параметры лазерного излучения Nd:YAG-лазера с длиной волны 1,44 мкм: энергия импульса – 250 мДж, длительность следования импульсов – 30 Гц, мощность – 5 Вт. Плотность мощности потока гелий-неонового лазера – 50 мкВт/см². Мощность ультразвука – 40%.

Непосредственно после операций фиксировали материал в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида, затем образцы промывали в фосфатном буфере (рН 7.4) и постфиксировали в 1%-ном растворе четырехоксида осмия. Проводили дегидратацию материала в серии спиртов возрастающей концентрации с последующей заливкой в эпоксидную смолу ЭПОН-812 по стандартной методике. Ультратонкие и полутонкие срезы готовили на ультрамикротоме LKB-III (Швеция). Полутонкие срезы окрашивали толуидиновым синим. Насыщенным раствором уранилацетата и цитратом свинца контрастировали ультратонкие срезы и изучали в электронном микроскопе JEM 1200 EX II (Япония) в лаборатории гистохимии и электронной микроскопии НИИ клинической онкологии ФГБУ «РОИЦ им. Н.Н. Блохина» РАМН (зав. – проф. В.В. Делекторская).

РЕЗУЛЬТАТЫ

После лазерной факофрагментации во всех исследованных препаратах ультраструктура клеток заднего эпителия роговицы полностью соответствует норме (рис. 1а, б). Клетки плотно прилежат друг к другу и к десцеметовой мембране. Ядра овальной формы, расположены в центре клетки.

По данным сканирующей электронной микроскопии, после ультразвуковой факофрагментации в слое клеток заднего эпителия рого-

¹ Устройство

для офтальмохирургических операций: пат. 2130762 Рос. Федерация / С.Н. Федоров, В.Г. Копаева, Ю.В. Андреев, А.В. Ерофеев, А.В. Беликов; заявители и патентообладатели С.Н. Федоров, В.Г. Копаева, Ю.В. Андреев, А.В. Ерофеев, А.В. Беликов; опублик. 27.05.1999.

Для корреспонденции:

Копаев Сергей Юрьевич, канд. мед. наук, зав. операционным блоком;
Копаева Валентина Григорьевна, докт. мед. наук, профессор, гл. научн. консультант;
Борзенко Сергей Анатольевич, доктор мед. наук, зав. центром фундаментальных и прикладных медико-биологических проблем;
Алборова Вероника Урусхановна, аспирант
ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России
Адрес: 127486, Москва, Бескудниковский бульвар, 59а
E-mail: info@mntk.ru

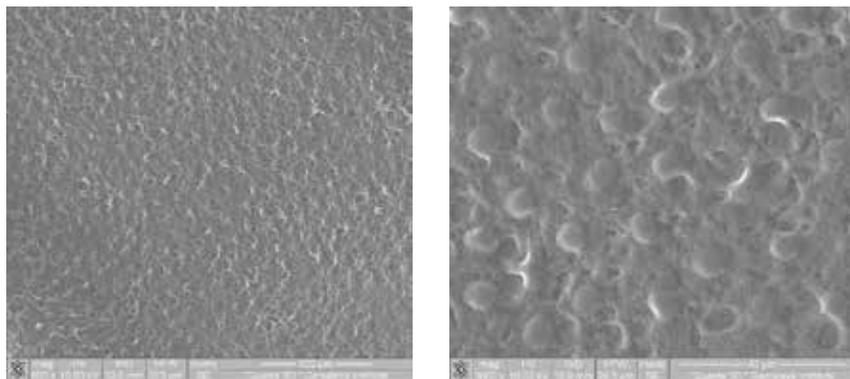


Рис. 1. Сканирующая электронная микроскопия заднего эпителия роговицы после лазерной факофрагментации: а) увеличение x800; б) увеличение x3000

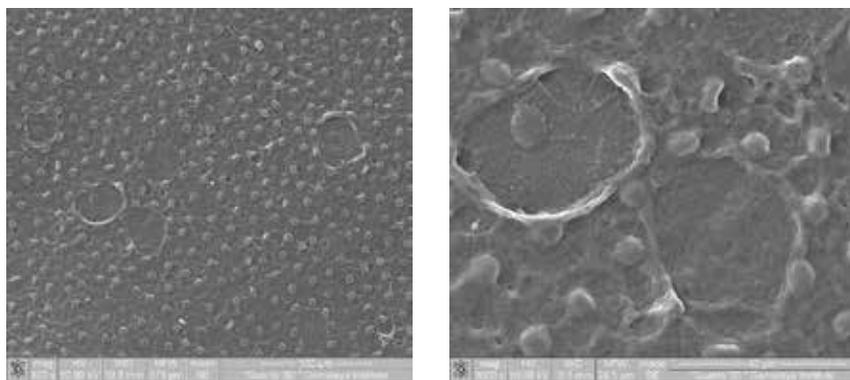


Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия заднего эпителия роговицы после ультразвуковой факофрагментации: а) увеличение x800; б) увеличение x3000

вицы местами встречаются участки с дефектами пласта клеток, размеры которых превышают площадь 3-7 клеток. Дефекты, чаще всего округлой формы, со сглаженными валикообразными краями, включают в себя фрагменты клеток и отдельно лежащего ядра. Дном имеющихся дефектов-углублений является задняя поверхность десцеметовой мембраны. Вблизи дефектов форма и размеры соседних клеток заднего эпителия роговицы и их ядра визуально не изменены (рис. 2а, б).

ОБСУЖДЕНИЕ

По материалам электронно-микроскопических исследований мы представили для публикации серию из трех последовательных сообщений о состоянии наиболее чувствительных тканей глаза после лазерной и ультразвуковой факофрагментации. Изучение состояния заднего эпителия роговицы является одним из важных показателей безопасно-

сти операции. Сравнительная оценка побочного воздействия двух видов энергии (лазерной и ультразвуковой), которые в настоящее время используются в клинике при удалении катаракты, производилась на трупных парных глазах, не имевших глазной патологии. Парные глаза исходно имели одинаковые возрастные и посмертные характеристики и могли выполнить роль сравнительного контроля. В предыдущих двух сообщениях была приведена оценка состояния пигментного эпителия сетчатки, пигментного и беспигментного эпителия ресничного тела глаза [2, 3]. Исследования показали, что после проведения факофрагментации с использованием лазерной энергии не было выявлено отклонений от нормы в ультраструктуре клеток сетчатки и ресничного тела. После ультразвуковой факоэмульсификации во всех случаях были обнаружены изменения в эпителиальных клетках сетчатки и ресничного тела, которые можно расценивать как нежелательные, но об-

ратимые. Однако в этих же глазах во всех случаях отмечались грубые невосполнимые изменения в структуре заднего эпителия роговицы. Имеются зоны, где отсутствуют несколько соседних клеток. Чтобы исключить фактор случайных проявлений, мы повторили эксперимент и провели электронно-микроскопические исследования в другой лаборатории – в ГУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (зав. – докт. мед. наук Л.В. Диденко). Результаты исследований оказались аналогичными.

Более выраженные изменения в заднем эпителии роговицы в сравнении с сетчаткой и ресничным телом после ультразвуковой операции можно объяснить разными причинами. Прежде всего, задний эпителий роговицы, имеющий глиальную природу, наиболее чувствителен к любым воздействиям и не имеет свойства регенерировать. Кроме того, в сравнении с сетчаткой, роговица расположена ближе к работающему ультразвуковому наконечнику. В отличие от ультразвука лазерная энергия имеет высокий коэффициент поглощения в жидкой среде. Она не достигает задней поверхности роговицы. Для ультразвука жидкая среда, напротив, является хорошим проводником энергии. Зона распространения ультразвуковой энергии при факоэмульсификации в клинике и в эксперименте – 30-40 мм. Тревожная морфологическая картина поверхности заднего эпителия роговицы после использования ультразвука заставляет вспомнить первые операции факоэмульсификации в 70-80-х и даже в 90-х гг. прошлого столетия, когда хирурги часто отмечали грубые отеки и даже шероховатость десцеметовой оболочки [7]. При удалении зрелых катаракт вероятность отека роговицы повышалась до 25%, а потеря заднего эпителия роговицы достигала 30% [8, 9]. Техническое совершенствование факомашин, замена ультразвуковой фрагментации ядра на мануальную с помощью чопперов, разработка новых способов защиты интраокулярных структур от повреждающего действия ультразвука сократили более чем вдвое расход энергии и исключили критически грубые изменения роговицы [7].

ВЫВОДЫ

Сканирующая электронная микроскопия позволяет оценить состояние заднего эпителия роговицы в сравнительном аспекте после лазерной и ультразвуковой факофрагментации, является морфологической опорой в оценке клинической безопасности лазерной энергии для заднего эпителия роговицы в процессе разрушения хрусталика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загорулько А.М., Немсицверидзе М.Н. Лазерная экстракция катаракты у пациентов с эпителиально-эндотелиальной дистрофией роговицы // Лазерная медицина. – 2009. – Т. 13, № 1. – С. 40-42.

2. Копаев С.Ю., Копаева В.Г., Борзенко С.А., Алборова В.У. Состояние пигментного эпителия сетчатки после лазерной и ультразвуковой факофрагментации. Электронно-микроскопическое исследование в эксперименте. Сообщение 1 // Офтальмохирургия. – 2013. – № 4. – С. 16-20.

3. Копаев С.Ю., Копаева В.Г., Борзенко С.А., Алборова В.У. Состояние эпителия цилиарного тела после лазерной и ультразвуковой факофрагментации. Электронно-микроскопическое исследование в эксперименте. Сообщение 2 // Офтальмохирургия. – 2014. – № 1. – С. 15-18.

4. Копаева В.Г., Андреев Ю.А. Лазерная экстракция катаракты. – М., 2011. – 262 с.

5. Кравчук О.В., Копаева В.Г. Морфометрия клеток заднего эпителия роговицы после лазерной экстракции катаракты и ультразвуковой факоэмульсификации // Лазеры в офтальмологии: вчера, сегодня, завтра: Сб. науч. статей. – М., 2009. – С. 324-328.

6. Фёдоров С.Н., Егорова Э.В., Багров С.Н. и др. Изменения заднего эпителия роговой оболочки после факоэмульсификации // Вестн. офтальмологии. – 1981. – № 1. – С. 428-431.

7. Ходжаев Н.С. Хирургия катаракты с использованием малых разрезов: клинико-теоретическое обоснование: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2000. – С. 11-13.

8. Vasavada A., Singh R., Desai J. Phacoemulsification of white mature cataracts // J. Cataract Refract. Surg. – 1998. – Vol. 24. – P. 270-277.

9. Werblin T. P. Long-term endothelial cell loss following phacoemulsification: model for evaluating endothelial damage after intraocular surgery // Refract. Corneal Surg. – 1993. – Vol. 9. – P. 29-35.

Поступила 03.02.2014

МИДРИМАКС®

Фенилэфрин 5% + тропикамид 0,8%

УВЕРЕННОСТЬ ВРАЧА В УСПЕХЕ

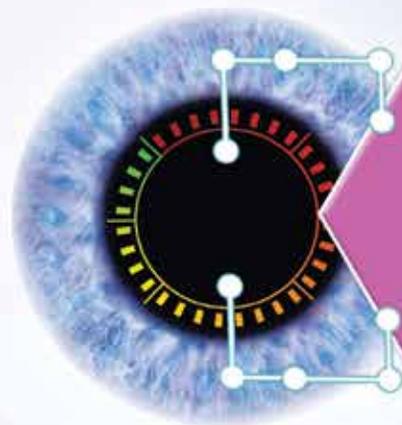
Эффективный
и длительный
мидриаз

Свободные руки
медицинского
персонала

Быстрое достижение
максимального
эффекта

Возможность контроля
непредвиденных
ситуаций во время
операции

Экономия времени
и медикаментов
на предоперационную
подготовку пациента



Уникальная
комбинация для
диагностики
и предоперационной
подготовки в
офтальмохирургии

Материал предназначен
для медицинских
и фармацевтических
работников



Перед применением препарата
следует проконсультироваться с врачом