

УДК 617.741-007.21

# Состояние пигментного эпителия сетчатки после лазерной и ультразвуковой факофрагментации. Электронно-микроскопическое исследование в эксперименте. Сообщение 1

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

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

## РЕФЕРАТ

**Цель.** Сравнить состояние пигментного эпителия макулярной области сетчатки после ультразвуковой и лазерной фрагментации хрусталика в эксперименте.

**Материал и методы.** Электронная микроскопия пигментного эпителия макулярной области сетчатки выполнена на трех трупных глазах после лазерной (Nd:YAG 1,44 мкм) фрагментации хрусталика с отечественным прибором «Ракот» и на трех парных глазах – после ультразвуковой факоэмульсификации с прибором «Миллениум».

**Результаты.** После лазерной факофрагментации ультраструктура пигментного эпителия макулярной области сетчат-

ки соответствует норме. После ультразвуковой факоэмульсификации отмечено нарушение ультраструктурной организации клеток пигментного эпителия сетчатки, проявляющееся разрежением плотности цитоплазмы клеток, уменьшением количества меланосом, увеличением количества вакуолей.

**Вывод.** Более безопасной для заднего отрезка глаза в процессе энергетической хирургии хрусталика является лазерная энергия в сравнении с ультразвуковой.

**Ключевые слова:** пигментный эпителий сетчатки, лазерная факофрагментация, лазерная машина «Ракот» с Nd:YAG 1,44 мкм, факоэмульсификация. ■

Офтальмохирургия.– 2013.– № 4.– С. 16-19.

## ABSTRACT

### Retinal pigment epithelium condition after laser and ultrasound phacofragmentation. Electron microscopy in experiment. Report 1

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

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

**Purpose.** To perform a comparative evaluation of a macular retinal pigment epithelium condition after laser and ultrasound phacofragmentations in experiment.

**Material and method.** Electron microscopy of macular retinal pigment epithelium was conducted in 3 cadaver eyes after the laser (Nd:YAG 1.44 μm) phacofragmentation using the Russian device «RAKOT» and in 3 fellow eyes – after the ultrasound phacoemulsification using Millenium phacomachine.

**Results.** After the laser phacofragmentation the ultra-structure of pigment retinal epithelium in macular area corresponded

to the norm. After the ultrasound phacoemulsification some disturbances were noted in the ultra-structural organization of retinal pigment epithelium cells manifested in a rarefaction of the electron optical density of the cell cytoplasm, in an increase of vacuoles.

**Conclusion.** Laser energy is safer for the posterior segment of the eye than ultrasound energy used in the cataract surgery.

**Key words:** retinal pigment epithelium, phacoemulsification, laser phacofragmentation, Russian laser device «Rakot» (Nd:YAG 1.44 μm). ■

Ophthalmosurgery.– 2013.– No. 4.– P. 16-19.

**Х**ирургическая техника ультразвуковой и лазерной экстракции катаракты достигла достаточно высокого уровня развития. Сравнение этих методик только по непосредственным функциональным показателям после операции, особенно у пациентов с не осложненной катарактой, не выявляет существенных различий. Одним из важных критериев в этом отношении является сохранность клеток пигментного эпителия в макулярной зоне сетчатки после энергетической хирургии катаракты. Наиболее ответственными являются операции у пациентов с осложненной катарактой (авитреальные глаза, миопия высокой степени, диабет и др.), когда наиболее уязвимым звеном является задний отрезок глаза [1]. В этих случаях хирург должен выбрать самую щадящую технику операции относительно наиболее чувствительных тканей глаза. Подобные исследования после лазерной экстракции катаракты с Nd:YAG 1,44 мкм еще не проводились.

### ЦЕЛЬ

Сравнить состояние пигментного эпителия макулярного отдела сетчатки после ультразвуковой и лазерной факофрагментации в эксперименте.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На трех парах трупных глаз выполнена хирургическая процедура удаления хрусталиков с плотным склерозированным ядром через 6 часов после смерти. Пол – мужской. Возраст – 68, 69 и 70 лет. На правых глазах производилась лазерная фрагментация и аспирация хрусталика с использованием ответственного прибора «Ракот» (Nd:YAG 1,44 мкм.). На левых глазах была выполнена ультразвуковая факоэмульсификация на аппарате «Миллениум». Каждая операция выполнялась при использовании стандартного режима энергии, применяемого обычно в клинике при разрушении катарактального ядра хрусталика средней плотности.

*Экспериментальная часть работы:* непосредственно после завер-

шения операций проводили фиксацию материала в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида для последующего электронно-микроскопического исследования пигментного эпителия сетчатки. После фиксации образцы ткани 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. Ультратонкие срезы контрастировали насыщенным раствором уранилацетата и цитратом свинца и изучали в электронном микроскопе JEM 1200 EX II (Япония). Электронно-микроскопическое исследование было выполнено в лаборатории гистохимии и электронной микроскопии НИИ клинической онкологии ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина» РАМН (зав. проф. В.В. Делекторская).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Электронно-микроскопическое исследование пигментного эпителия макулярной области сетчатки после лазерной операции (рис. 1а, б) показало, что эпителиальные клетки сохраняли ультраструктурные особенности нормальных аналогов в сопоставлении с другими контрольными исследованиями. Клетки пигментного эпителия имели полигональную форму, цитоплазму с отростками, содержали овальные ядра с гладкими контурами, сохранной ядерной мембраной,

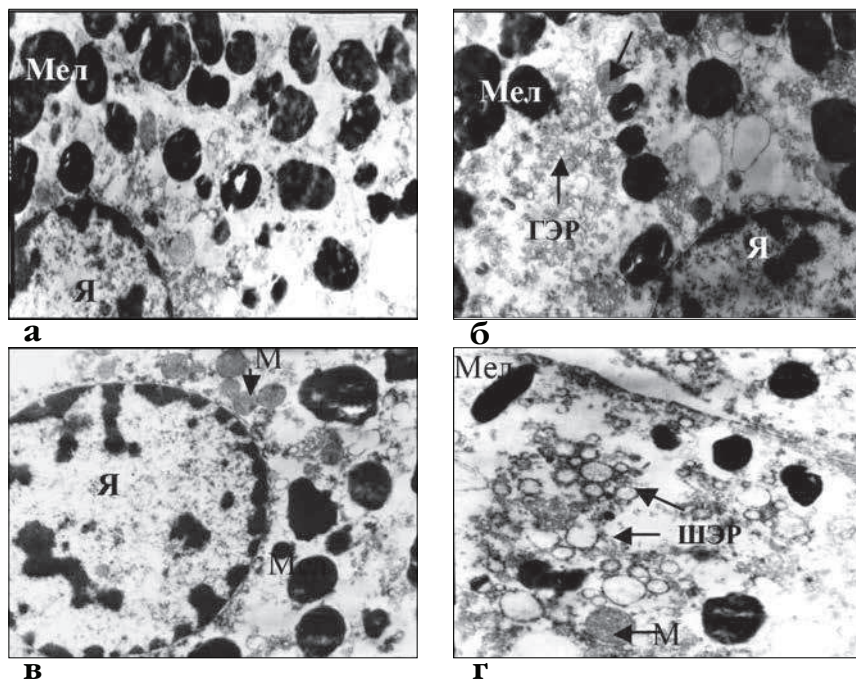
умеренно конденсированным хроматином. В цитоплазме клеток определялось большое число меланосом, встречались фагосомы, умеренное количество митохондрий, цистерны гладкого и шероховатого эндоплазматического ретикулаума, хорошо сформированные клеточные контакты типа десмосом. Гранулы пигмента в основном были сконцентрированы вокруг ядра.

Ультраструктура клеток пигментного эпителия сетчатки после проведения факофрагментации с использованием ультразвуковой энергии на парных глазах тех же индивидуумов также сохраняет основные характеристики строения данного типа клеток (рис. 1в), однако имеются некоторые отличительные особенности в сравнении с картиной ультраструктуры клеток пигментного эпителия сетчатки после проведения лазерной операции. В отдельных участках цитоплазма клеток и их отростков выглядит «пустой», содержит вакуоли и расширенные цистерны шероховатого эндоплазматического ретикулаума (ШЕР), количество меланосом и основных органелл значительно уменьшено, в некоторых препаратах выявляются только отдельные гранулы меланина и лизосомальные структуры в вакуолизированной цитоплазме клетки, межклеточные контакты слабо выражены (рис. 1г). Гранулы пигмента часто расположены в периферических участках цитоплазмы, около плазматической мембраны и в отростках.

Таким образом, после ультразвуковой факоэмульсификации, несмотря на сохранность основных компонентов клетки, которые соответствуют нормальной ультраструктуре пигментного эпителия сетчатки (ядро, ядерная мембрана, цитоплаз-

#### Для корреспонденции:

Копаев Сергей Юрьевич, канд. мед. наук, зав. операционным блоком;  
Копеева Валентина Григорьевна, докт. мед. наук, профессор, гл. научн. консультант;  
Борзенко Сергей Анатольевич, докт. 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  
Тел.: (499) 488-8406, 488-8444, 488-8552. Факс: (499) 485-5954  
E-mail: info@mntk.ru



**Рис. 1.** Ультраструктурные особенности пигментного эпителия макулярной области сетчатки глаза (электронная микрофотография): **а-б)** после лазерной факофрагментации. Клетки содержат округлые ядра, большое число меланосом и умеренное количество основных органелл в цитоплазме, ув.  $\times 10\,000$ ; **в-г)** после ультразвуковой факоэмульсификации. Клетки содержат округлые ядра, количество пигментных гранул уменьшено, цитоплазма содержит много вакуолей, ув.  $\times 10\,000$ . **Я** – ядро; **М** – митохондрия; **ШЭР** – шероховатый эндоплазматический ретикулум; **ГЭР** – гладкий эндоплазматический ретикулум; **Мел** – меланосомы

матические органеллы и меланосомы), обращает на себя внимание более разреженная электронно-оптическая плотность цитоплазматического матрикса, большое количество вакуолей с уменьшением количества основных органелл и меланосом в цитоплазме, изменение их распределения и локализации, а также ослабление десмосомальных клеточных контактов по сравнению с ультраструктурой пигментного эпителия сетчатки после проведенной лазерной факофрагментации.

Отмеченные изменения в ультраструктуре клеток пигментного эпителия сетчатки после ультразвуковой факофрагментации свидетельствуют о нарушении ультраструктурной организации и сохранности клеток пигментного эпителия сетчатки.

## ВЫВОДЫ

Экспериментальное исследование в настоящей работе проводилось на трупных глазах пожилых

людей в возрасте 68-70 лет. Имелись опасения, что в этом случае мы можем столкнуться с наличием серьезных возрастных или посмертных изменений в пигментном эпителии сетчатки глаза. Поэтому сравнительная оценка воздействия двух видов энергии (лазерной и ультразвуковой), используемых в настоящее время при удалении катаракты, производилась на парных глазах трех индивидуумов, не имевших глазной патологии. Парные глаза исходно имели одинаковое возрастное и посмертное состояние и могли выполнить функцию сравнительного контроля.

После проведения хирургических операций с использованием лазерной энергии мы не выявили отклонений от нормы в ультраструктуре клеток пигментного эпителия сетчатки. Это можно объяснить тем, что сетчатка находится на достаточном удалении от хрусталика, где работал лазерный наконечник. Их разделяет полость, заполненная жидкой средой стекловидного тела, которая поглощает лазерное излучение на рас-

стоянии 1-2 мм за пределами хрусталика. Для ультразвука жидкая среда, напротив, является хорошим проводником энергии. Зона распространения ультразвуковой энергии при факоэмульсификации катаракты – 30-40 мм. Поэтому во всех парных глазах, где выполнялась ультразвуковая факофрагментация катаракты, были выявлены однотипные изменения в ультраструктуре высокочувствительных клеток пигментного эпителия сетчатки, свидетельствующие об определенной степени повреждения субклеточных элементов в данной зоне.

Литературные источники свидетельствуют о том, что после не осложненной факоэмульсификации по данным ОСТ толщина сетчатки увеличивается [5, 11] и сохраняется до 3-6 мес. [1, 8, 10]. Это проявление субклинического макулярного отека. В дальнейшем может развиться кистозный макулярный отек [8]. Максимальная толщина сетчатки отмечается в период от 1,5 до 3 мес. [12, 13], степень отека зависит от количества использованной энергии [9]. При имплантации желтых ИОЛ минимизируются изменения сетчатки после операции у пациентов с ВМД [7]. После факоэмульсификации с участием фемтосекундного лазера снижается затрата ультразвука и отек сетчатки менее выражен [14].

Наши предшествующие клинические функциональные исследования в хирургии хрусталика позволили выявить существенно большую степень безопасности при использовании лазерной энергии в сравнении с ультразвуковой [2-4, 6]. Представленные результаты электронно-микроскопического исследования раскрывают морфологические основы клинической ситуации, подтверждают выводы о том, что из двух видов энергии, которые используются в хирургии хрусталика, более безопасной для заднего отрезка глаза является лазерная энергия. Этот факт следует учитывать хирургу при выборе метода экстракции катаракты в проблемных случаях, когда имеются изменения в сетчатой и сосудистой оболочках глаза, при проведении операции в авитреальных глазах, при миопии высокой степени и диабете, так как клетки пигментного эпителия сетчатки регулируют элек-

тролитный баланс, частично определяют биоэлектрическую активность сетчатки и антиоксидантную защиту.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов С.Ю., Гобеджишвили М.В. Послеоперационный макулярный отек, синдром Ирвина-Гасса // Клини. офтальмология. – Т. 11. – 2010. – С. 5-7.

2. Копеев С.Ю., Копеева В.Г. Тепловые эффекты работающих наконечников при энергетической хирургии катаракты // Лазерная медицина. – 2010. – № 3. – С. 41-46.

3. Копеева В.Г., Андреев Ю.А. Лазерная экстракция катаракты. – М. Изд-во «Офтальмология», 2011. – 262 с.

4. Копеева В.Г., Копеев С.Ю., Гиньян А.А., Алборова В.У. Использование лазерной энергии в хирургии катаракты // Вестник РАЕН. – 2012. – № 1. – Т. 12. – С. 77-80.

5. Сорокин Е.Л., Руденко В.А., Худяков А.Ю. Изучение особенностей витреомакулярных соотноше-

ний и их патогенетической роли в формировании макулярного отека после факэмульсификации катаракты // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2010. – № 3. – С. 35-38.

6. Шпак А.А., Копеева В.Г., Андреев Ю.В. и др. Оптическая когерентная томография у больных с незрелой катарактой и артефакцией // Вестн. офтальмологии. – 2006. – № 4. – С. 18-20.

7. Шпак А.А., Малюгин Б.Э., Фадеева Т.В. Влияние желтого светофильтра в оптике интраокулярных линз на состояние макулярной зоны после факэмульсификации катаракты у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией // Вестн. офтальмологии. – 2012. – № 4. – С. 48-51.

8. Biro Z., Balla Z., Kovacs B. Change of foveal and perifoveal thickness measured by OCT after phacoemulsification and IOL implantation // Eye. – 2008. – Vol. 22, № 1. – P. 8-12.

9. Cheng B., Liu Y., Liu X. et al. Macular image changes of optical coherence tomography after phacoemulsification // Zhonghua Yan Ke Za Zhi. – 2002. – Vol. 38, № 5. – P. 265-267.

10. Cagini C., Fiore T., Iaccheri B. Macular thickness measured by optical coherence tomography in a healthy population before and after uncomplicated cataract phacoemulsification surgery // Curr. Eye Res. – 2009. – Vol. 34, № 12. – P. 1036-1041.

11. Jurecka T., Bátková Z., Ventruba J. Macular edema after an uncomplicated cataract surgery // Cesk. Slov. Oftalmol. – 2007. – Vol. 63, № 4. – P. 262-273.

12. Kim S.J., Equi R., Bressler N.M. Analysis of macular edema after cataract surgery in patients with diabetes using optical coherence tomography // Ophthalmology. – 2007. – Vol. 114, № 5. – P. 881-889.

13. Lobo C.L., Faria P.M., Soares M.A. et al. Macular alterations after small-incision cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2004. – Vol. 30, № 4. – P. 752-760.

14. Nagy Z.Z., Ecsedy M., Kovacs I. et al. Macular morphology assessed by optical coherence tomography image segmentation after femtosecond laser-assisted and standard cataract surgery // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol. 38, № 6. – P. 941-946.

Поступила 21.11.2012

## SmartSil 1000/5000

Производитель: Rumex International LTD, Великобритания

### Высокоочищенное силиконовое масло для витреоретинальной хирургии

- Эксклюзивный метод очистки исключает риск эмульгирования масла;
- Отличная биосовместимость, минимальное токсическое воздействие на клетки, ткани;
- Максимальное поверхностное натяжение – 43,2 мН/м препятствует образованию пузырьков;
- Масло поставляется в шприцах из особого прочного стекла.

Две степени вязкости - 1000 Сст и 5000 Сст.

Одноразовые / многократные устройства для введения масла ко всем витреоретинальным микрохирургическим системам.



Официальный представитель ООО «Эр Оптик»  
123458, г. Москва, ул. Твардовского, д.8  
Тел: (495) 780-92-55  
info@r-optics.ru  
www.r-optics.ru