

Кравчук О. В., Копаева В. Г.
ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова
Росмедтехнологии», г. Москва

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАДНЕГО ЭПИТЕЛИЯ РОГОВИЦЫ ПОСЛЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ

В работе представлены результаты сравнительного морфометрического исследования клеток заднего эпителия роговицы (ЗЭР) после ультразвуковой фактоэмульсификации (ФЭК) и лазерной экстракции катаракты (ЛЭК) с использованием Nd:YAG 1,44 мкм лазера. Выполнение ЛЭК не изменяет коэффициента вариации размера клеток ЗЭР, коэффициента формы клеток ЗЭР и процента гексагональности, включая самые плотные и бурые катаракты.

Лазерная экстракция катаракты с использованием Nd:YAG лазера с длиной волны 1,44 мкм – принципиально новый подход в энергетической хирургии катаракты. Метод разработан в ФГУ МНТК «Микрохирургия глаза» акад. Св. Н. Федоровым, проф. Копаевой В.Г., к.м.н. Андреевым Ю.В. совместно с инженерами Беликовым А.В., Ерофеевым А.В. [1]. В настоящее время перед исследователями стоит задача оценки эффективности и безопасности данной технологии. В рамках общей задачи изучение состояния заднего эпителия роговицы является одним из важных показателей безопасности операции. Это обусловлено высокими требованиями современной хирургии катаракты к уровню надежности вмешательства, функциональным результатам, срокам реабилитации пациентов, а также сохраняющейся относительно высокой частотой вторичной эпителиальной-эндотелиальной дистрофией роговицы [2, 3, 4]. Изучение морфометрических параметров ЗЭР после хирургического вмешательства предоставляет информацию о степени влияния хирургического вмешательства на нормальную анатомо-физиологическую структуру клеточного монослоя роговицы (7).

Целью данного исследования являлось сравнительное изучение морфометрических характеристик ЗЭР после лазерной экстракции катаракты и ультразвуковой фактоэмульсификации – коэффициента вариации размера клеток, коэффициента формы клеток и процента гексагональности в непосредственном и отдаленном периоде наблюдения.

Материал и методы

Основная группа исследования включала 55 пациентов, которым выполняли ЛЭК с использованием прибора «Ракот» 6-го поколения. Операции проводили по методике д.м.н. Андреева Ю.В., которая включала формирование центральной чаши с последующим разрушением и аспирацией фрагментов хрусталика и кортикальных масс [5].

Контрольная группа исследования включала 23 пациента, которым выполняли коаксиальную ФЭК с использованием прибора «Millenium» по методике «факочоп» [8]. Срок наблюдения составил до 18 мес. после операции.

Основная и контрольная группы клинических исследований формировались исходя из признака плотности ядра и были представлены катарактами различной степени плотности в равной пропорции (подгруппы мягких, средних, плотных и бурых катаракт). Плотность ядра хрусталика оценивали по классификации Tabandeh H.-Thompson G.M. [9]. Зеркальную биомикроскопию проводили на приборе «SP-1000», Topcon.

Для получения более объективных данных и исключения ошибок в связи с возможными различиями количества клеток при исследовании соседних участков роговицы исследовали 9 расположенных рядом друг с другом полей.

Коэффициент формы клеток ЗЭР вычисляли по формуле: $K_{\text{формы}} = 4\pi S/P^2$, где S – площадь фигуры, а P – ее периметр. Коэффициент вариации размера клеток ЗЭР вычисляли по формуле: $K_{\text{вариации}} = SD/x$, где SD – стандартное отклонение размера клетки, %, x – средняя площадь клетки (мкм²).

Результаты

Через 7 дней после выполнения лазерной экстракции катаракты происходило увеличение коэффициента вариации размера клеток ЗЭР на 12,5% (подгруппа мягких катаракт), на 15,3% (подгруппа катаракт средней плотности), на 16,0% (подгруппа плотных и бурых катаракт), что является следствием процесса морфологической реорганизации, обусловленной потерей клеток ЗЭР. Спустя 1 мес. после ЛЭК показатели коэффициента вариации размера клеток частично восстановились и оставались стабильными в дальнейшем (табл. 1). Через 7 дней после выполнения ультразвуковой факоемульсификации коэффициент вариации размера клеток достоверно увеличивался ($p < 0,05$) в большей степени по сравнению с аналогичными показателями в основной группе наблюдения. Стабилизация показателей коэффициента вариации размера клеток происходила через 3 месяца после ФЭК (табл. 2).

После выполнения лазерной экстракции катаракты на катарактах любой степени плотности, включая самые плотные и бурые ядра, коэффициент формы соответствовал дооперационному и составлял 0,77 на про-

тяжении всего срока наблюдения. Процент гексагональных клеток у пациентов, перенесших ЛЭК, через один месяц после операции составил 61,2 в подгруппе мягких катаракт, 61,9 в подгруппе катаракт средней плотности, 62,1 в подгруппе плотных и бурых катаракт. В дальнейшем, на протяжении срока наблюдения до 18 месяцев после операции, процент гексагональных клеток у пациентов основной группы оставался стабильным.

После выполнения ультразвуковой факоемульсификации на катарактах малой и средней плотности коэффициент формы через один месяц после операции составил 0,77, что также, как и в случае лазерной экстракции катаракты, соответствует дооперационному уровню. Процент гексагональных клеток в подгруппе мягких катаракт и подгруппе катаракт средней плотности составил 62,1 и 62,6 соответственно спустя один месяц после ультразвукового воздействия и оставался стабильным на протяжении всего срока наблюдения. Иная картина складывается у пациентов, которым была произведена ультразвуковая факоемульсификация плотных и бурых катаракт. Через один месяц после операции коэффициент формы клеток ЗЭР у этих боль-

Таблица 1. Показатели коэффициента вариации размера клеток ЗЭР после лазерной экстракции катаракты

Срок исследования	коэффициент вариации (SD/мкм?)		
	мягкие катаракты	средние катаракты	плотные катаракты
до операции	0,24±0,02	0,26±0,02	0,25±0,03
7 дней п/о	0,27±0,03(+12,5%)*	0,30±0,02(+15,3%)*	0,29±0,02(+16,0%)*
1 мес. п/о	0,26±0,02(+8,3%)*	0,28±0,03(+7,6%)*	0,27±0,02(+8,0%)*
3 мес. п/о	0,26±0,02(+8,3%)*	0,28±0,03(+7,6%)*	0,27±0,02(+8,0%)*
6 мес. п/о	0,26±0,02(+8,3%)*	0,28±0,03(+7,6%)*	0,27±0,02(+8,0%)*

Примечание. (*)-различие показателя в сравнении с исходным (до операции) значением статистически достоверно ($p < 0,05$)

Таблица 2. Показатели коэффициента вариации размера клеток ЗЭР после ультразвуковой факоемульсификации катаракты

Срок исследования	коэффициент вариации (SD/мкм?)		
	мягкие катаракты	средние катаракты	плотные катаракты
до операции	0,25±0,02	0,24±0,03	0,26±0,02
7 дней п/о	0,29±0,03(+16,0%)*	0,28±0,02(+16,6%)*	0,33±0,04(+26,9%)*
1 мес. п/о	0,29±0,03(+16,0%)*	0,28±0,03(+16,6%)*	0,33±0,02(+26,9%)*
3 мес. п/о	0,27±0,02(+8,0%)*	0,27±0,03(+12,5%)*	0,31±0,03(+19,2%)*
6 мес. п/о	0,27±0,02(+8,0%)*	0,27±0,03(+12,5%)*	0,31±0,03(+19,2%)*

Примечание. (*)-различие показателя в сравнении с исходным (до операции) значением статистически достоверно ($p < 0,05$).

ных составил 0,75, в дальнейшем он снизился до 0,73, что отличается от предоперационного значения (0,77). В долгосрочном периоде наблюдения восстановления этого параметра не произошло. Также снизился процент шестигранных клеток: через один месяц он составил 57,0% (дооперационный показатель– 61,6%) и продолжал оставаться сниженным в течение всего срока наблюдения.

Обсуждение

Коэффициент вариации размера клеток отражает степень полимегетизма, т. е. различия клеток в размерах, и является важным индикатором «стрессового» состояния ЗЭР, вызванного хирургической травмой и последующей за ней нестабильностью цитоскелета. Коэффициент формы и процент гексагональности характеризуют плеоморфизм клеточной структуры (различие формы). В целом, изучение данных морфометрических показателей отражает процесс репаративной регенерации ЗЭР, который включает клеточную миграцию, ремоделирование гексагонального построения клеток в слое (паттерна) и формирование новых активных центров (сайтов) $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{АТФ-азы}$ (6).

Рассматривая значения коэффициента вариации размера клеток ЗЭР после энергетической хирургии катаракты, очевидно, что травматизация заднего эпителия роговицы после лазерной экстракции катаракты менее выражена по сравнению с таковой после ультразвуковой факоэмульсификации. Так, увеличение коэффициента вариации через 7 дней после лазерной экстракции мягких катаракт составило 12,5%, а в аналогичной подгруппе ФЭК–16,0%; для катаракт средней плотности– 15,3% и 16,6% соответственно. Особенно существенное различие показателей коэффициента вариации проявилось после энергетической хирургии катаракт высокой плотности: через 7 дней после операции увеличение КВ составило 16,0% в подгруппе плотных катаракт после ЛЭК и 26,9% в подгруппе плотных катаракт после ФЭК. Данная тенденция (а именно – различие показателей КВ в основной и контрольной группах) сохранялась и в отдаленном периоде наблюдения. Необходимо отметить, что некоторое

изменение коэффициента вариации в основной группе наблюдения и неполное восстановление этого показателя в послеоперационном периоде, в отличие от показателей плеоморфизма, обусловлено клеточной потерей и последующей морфологической реорганизацией. Представляются интересными данные о характере изменения коэффициента вариации в отдаленном периоде наблюдения (табл. 1-2): стабилизация показателей после лазерной экстракции происходит за 1 месяц, после ультразвуковой факоэмульсификации– через 3 месяца после операции. Это также свидетельствует о более быстром восстановлении функций ЗЭР после воздействия Nd:YAG 1,44 мкм лазера.

Полагаем, что очень существенными являются данные о коэффициенте формы и проценте гексагональности после выполнения ЛЭК. Эти показатели являются характеристиками формы клеток заднего эпителия роговицы и, по сути, говорят о безопасности той или иной методики интраокулярного вмешательства. Наши исследования показали, что проведение лазерной экстракции на всех типах катаракт, включая самые плотные и бурые ядра, не изменяет коэффициента формы и не снижает процентное содержание клеток шестигранной формы (табл. 3). Это свидетельствует о минимальном побочном воздействии энергии Nd:YAG 1,44 мкм лазера на окружающие ткани глаза.

Из анализа данных таблицы 4 ясно, что выполнение ультразвуковой факоэмульсификации на катарактах низкой и средней плотности не вызывает сдвига показателей плеоморфизма. С другой стороны, ультразвуковое разрушение бурых и плотных ядер оказывает большее повреждающее воздействие на клеточный монослой, что отражается в изменении коэффициента формы– его сдвиге с 0,77 до операции до 0,73 после операции, и в проценте гексагональных клеток, который падает с 61,6% до операции до 56,5% после операции.

Наше исследование показало, что морфометрическое исследование клеток заднего эпителия роговицы *in vivo* является высокоинформативным методом для сравнения двух близких методик интраокулярной хирургии ультразвуковой факоэмульсифи-

Таблица 3. Характеристики плеоморфизма клеток ЗЭР после ЛЭК

Срок наблюден.	мягкие катаракты		средние катаракты		плотные катаракты	
	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.
до опер.	0,77	61,6	0,77	62,3	0,77	62,8
1 мес. п/о	0,77	61,2	0,77	61,9	0,77	62,1
3 мес. п/о	0,77	61,2	0,77	61,9	0,77	62,1
6 мес. п/о	0,77	61,2	0,77	61,9	0,77	62,1
12 мес. п/о	0,77	61,2	0,77	61,9	0,77	62,1
18 мес. п/о	0,77	61,2	0,77	61,9	0,77	62,1

Таблица 4. Характеристики плеоморфизма клеток ЗЭР после ФЭК

Срок наблюден.	мягкие катаракты		средние катаракты		плотные катаракты	
	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.
до опер.	0,77	62,5	0,77	63,0	0,77	61,6
1 мес. п/о	0,77	62,1	0,77	62,6	0,75	57,0
3 мес. п/о	0,77	62,1	0,77	62,6	0,75	57,0
Срок наблюден.	мягкие катаракты		средние катаракты		плотные катаракты	
	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.	КФ	% гекс.
6 мес. п/о	0,77	62,1	0,77	62,6	0,73	56,5
12 мес. п/о	0,77	62,1	0,77	62,6	0,73	56,5
18 мес. п/о	0,77	62,1	0,77	62,6	0,73	56,5

кации и лазерной экстракции катаракты. Изучение коэффициента вариации, коэффициента формы и процента гексагональности клеток ЗЭР в послеоперационном периоде характеризует течение репаративной регенерации и морфологической реорганизации клеток ЗЭР. Изменение данных показателей позволяет судить о степени повреждения клеточного монослоя роговицы

и в целом о травматичности хирургической методики.

Изучение морфометрических характеристик заднего эпителия роговицы в процессе энергетической хирургии катаракты позволяет утверждать, что лазерная экстракция катаракты является наиболее щадящим и безопасным методом хирургического лечения катаракт любой степени плотности.

Список использованной литературы:

1. Андреев Ю.В. Лазерная экстракция катаракты: Автореф. дис. ...докт. мед. наук. – М., 2007.
2. Ковшун Е.В. Хирургическое лечение вторичной послеоперационной эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы на основе сквозной кератопластики: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 1992.– С. 4-7, 12-19.
3. Малюгин Б.Э. Медико-техническая система хирургической реабилитации пациентов с катарактой на основе ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы: Дисс. ... докт. мед. наук.– М., 2002.-С.89-90,101-104, 267-268.
4. Пучковская Н.А. Послеоперационная дистрофия роговой оболочки и возможности ее устранения // Офтальмол. журн.– 1970. – №1.– С.5-10.
5. Федоров С.Н., Копаева В.Г., Андреев Ю.В., Богдалова Э.Г., Беликов А.В. Техника лазерной экстракции катаракты // Офтальмохирургия-1999.-№1. -С. 3–12.
6. Kaufman H. E., Barron V. A., McDonald M. B. The Cornea.-1998.-Vol. 2.– Butterworth-Heinemann, 2nd edition.– P. 19-20, 906-907.
7. McDermott M. L., Atluri H. K. S. Corneal endothelium. In Yanoff M., Duker J.S. Ophthalmology, 2nd edition.– Mosby Inc., 2003.– P.423.
8. Ram J., Wesendahl T.A., Auffarth G. U., Apple D. J. Evaluation of in situ fracture versus phaco chop techniques // J. Cataract Refract. Surg.– 1998.– Vol. 24.– P. 1464-1468.
9. Tabandeh H., Wilkins M., Thompson G., Nassiri D., Karim A. Hardness and ultrasonic characteristics of the human crystalline lens // J. Cataract Refract. Surg.-2000.– Vol. 26.– P. 838-41.