

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 факоэмульсификации (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 анатомио-физиологическую структуру клеточного монослоя роговицы (7).

Целью данного исследования являлось сравнительное изучение морфометрических характеристик ЗЭР после лазерной экстракции катаракты и ультразвуковой факоэмульсификации – 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», Торсон.

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 (мкм^2).

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 факоэмульсификации 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 факоэмульсификации 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 факоэмульсификация 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 факоэмульсификации 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, remodelирование 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 факэмульсификации. 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 факэмульсификации– 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 факэмульсификации 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 факэмульсифи-

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 B. 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.