



# Изменение эндотелиальных клеток роговицы после факоэмульсификации в зависимости от глубины передней камеры у пациентов на фоне глаукомы

А.И. Федорова, И.А. Лоскутов, д.м.н., З.И. Мамедов

Адрес для переписки: Анастасия Игоревна Федорова, FedorovaAnastasyaIg@yandex.ru

Для цитирования: Федорова А.И., Лоскутов И.А., Мамедов З.И. Изменение эндотелиальных клеток роговицы после факоэмульсификации в зависимости от глубины передней камеры у пациентов на фоне глаукомы. Эффективная фармакотерапия. 2024; 20 (47): 14–17.

DOI 10.33978/2307-3586-2024-20-47-14-17

**Цель** – изучить влияние глубины передней камеры (ГПК) на плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) роговицы в пред- и послеоперационном периодах факоэмульсификации с использованием вискоэластика разного процентного соотношения у пациентов с глаукомой.

**Материал и методы.** В исследование было включено 56 пациентов (56 глаз) с незрелой катарактой и I–II стадиями глаукомы. Пациентов разделили на две группы в соответствии с ГПК: первая группа –  $1,5 < \text{ГПК} \leq 2,5$  мм, вторая группа –  $2,5 < \text{ГПК} \leq 3,5$  мм. Каждую группу разделили на две подгруппы. Первую группу составили 16 пациентов (16 глаз), интраоперационно получавших 1,6%-ный раствор гиалуроната натрия, и 12 пациентов (12 глаз), у которых во время операции использовали хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%. Вторую группу представляли 15 пациентов (15 глаз), получавших 1,6%-ный раствор гиалуроната натрия, и 13 пациентов (13 глаз), у которых во время факоэмульсификации применяли хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%. Подсчет эндотелиальных клеток и другие исследования проводились до операции и через месяц после нее.

**Результаты.** Средний процент потери эндотелиальных клеток независимо от выбора вискоэластика в первой группе был значительно выше ( $2,2 \pm 0,45$ ; среднее значение ПЭК  $2355,8 \pm 27,3$  до операции и  $2292,3 \pm 36,9$  кл/мм<sup>2</sup> через месяц после нее), чем во второй ( $1,8 \pm 0,65$  %; среднее значение ПЭК  $2375,5 \pm 33$  до операции и  $2332,1 \pm 48,4$  кл/мм<sup>2</sup> через месяц после нее). Динамика центральной толщины роговицы (ЦТР) у пациентов первой группы характеризовалась увеличением на 2,5% –  $535,9 \pm 3,4$  исходно и  $549,5 \pm 3,6$  мкм к окончанию наблюдения. Хотя процент потери эндотелиальных клеток был выше в первой группе, разница не была статистически значимой ( $p > 0,05$ ). Во второй группе увеличение ЦТР составило 1,2% –  $527,4 \pm 9,2$  исходно и  $533,8 \pm 10,3$  мкм через месяц после операции. Разница между группами не была статистически значимой ( $p = 0,105$ ).

**Заключение.** Повреждение эндотелиальных клеток в ходе факоэмульсификации неизбежно. При небольшой ГПК хирургическое вмешательство выполняют вблизи эндотелиального слоя роговицы. Это позволило предположить, что глубина камеры  $> 2,5$  мм может способствовать меньшей потере эндотелиальных клеток в ходе вмешательства. Таким образом, утрата эндотелиальных клеток представляет собой важный фактор, влияющий на прогноз после факоэмульсификации, и выявление факторов риска, связанных с потерей эндотелия, таких как предоперационные, интраоперационные и послеоперационные параметры, имеет значение для оценки прогноза после операции.

**Ключевые слова:** эндотелиальные клетки роговицы, катаракта, глаукома, факоэмульсификация, вискоэластик, глубина передней камеры



## Введение

Эндотелий роговицы представляет собой один слой плоских гексагональных клеток, обеспечивающий нормальную толщину и прозрачность роговицы за счет поддержания постоянного гидростатического давления. У пациентов с глаукомой плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) зачастую оказывается ниже, что связано с несколькими факторами:

- 1) повышенное внутриглазное давление (ВГД). Повышенное ВГД оказывает хроническое воздействие на эндотелиальный слой [1, 2], может вызывать микротравматизацию и ускоренное апоптотическое отмирание клеток, снижая со временем ПЭК [3]. Исследования показывают, что пациенты с глаукомой независимо от формы заболевания имеют в среднем на 10–20% меньшую ПЭК по сравнению с пациентами без офтальмологической патологии;
- 2) длительное использование препаратов для снижения ВГД. Некоторые из них, в частности содержащие консерванты, способны оказывать токсическое воздействие на эндотелиальные клетки роговицы, что приводит к их прогрессивной потере. Показано, что частое использование таких препаратов, особенно в высоких дозах и длительно, увеличивает риск снижения ПЭК [4–6];
- 3) предшествующие внутриглазные операции. Они могут вызвать декомпенсацию и, как следствие, отек роговицы с нарушением зрения [7–10].

По мнению большинства хирургов, некоторые факторы до и во время операции увеличивают риск потери ЭК после факоэмульсификации. Такие факторы, как пожилой возраст, глаукома, высокая плотность ядра хрусталика, высокая энергия ультразвука, длительное время факоэмульсификации, техника факоэмульсификации и большие объемы инфузии, могут увеличить риск потери ЭК [11–14].

Таким образом, оценка факторов риска потери ЭК до, во время и после операции крайне важна для хирурга. Использование вискоэластиков во время операции способствует поддержанию объема передней камеры, позволяет легко и безопасно проводить манипуляции внутри глаза, препятствует травмированию внутриглазных структур и тканей, снижает (но не предотвращает) риск большой потери ЭК. Достаточная глубина передней камеры (ГПК) важна для снижения риска потери ЭК от механических и термических повреждений, которые могут возникнуть во время процедуры. *Цель* – изучить влияние ГПК на ПЭК роговицы в пред- и послеоперационном периодах факоэмульсификации с использованием вискоэластика разного процентного соотношения у пациентов с глаукомой.

## Материал и методы

Критериями включения были:

- осложненная катаракта в сочетании с первичной открытоугольной глаукомой I–II стадий (ранее не оперированные);
- открытый угол передней камеры (УПК) (широкий, средний) с 1–3-й степенью пигментации структур дренажной зоны;

- умеренно повышенный уровень ВГД (не более 30 мм рт. ст. по iCare) в отсутствие использования гипотензивных средств и/или нормальный уровень ВГД на фоне монотерапии;
- согласие на участие в исследовании.

Критерии невключения:

- участие в другом исследовании;
- отказ от проведения исследования;
- отсутствие информированного согласия на хирургическое лечение.

Критерии исключения:

- ПЭК роговицы менее 1600 кл/мм<sup>2</sup>;
- антиглаукомные операции в анамнезе (лазерные и/или хирургические);
- III–IV стадии первичной открытоугольной глаукомы;
- закрытый УПК, узкий УПК, открытый УПК с низким (клювовидным) профилем;
- тяжелое соматическое состояние пациента (декомпенсация сахарного диабета, бронхиальная астма средней и тяжелой степени), травмы глаз и головы в анамнезе;
- патология роговицы (приобретенная или врожденная).

Исследование было проведено на базе офтальмологического отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского в период с сентября 2023 г. по январь 2024 г. В исследование было включено 56 пациентов (56 глаз) с незрелой катарактой и I–II стадиями глаукомы. Пациентов разделили на две группы в соответствии с ГПК: первая группа –  $1,5 < \text{ГПК} \leq 2,5$  мм; вторая группа –  $2,5 < \text{ГПК} \leq 3,5$  мм. Каждая группа была дополнительно разделена на две подгруппы. Первую группу составили 16 пациентов (16 глаз), интраоперационно получавших 1,6%-ный раствор гиалуроната натрия, и 12 пациентов (12 глаз), у которых во время операции применяли хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%. Вторую группу представляли 15 пациентов (15 глаз), применявших 1,6%-ный раствор гиалуроната натрия, и 13 пациентов (13 глаз), у которых во время факоэмульсификации использовали хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%.

Средний возраст пациентов составил  $69 \pm 7,2$  года (51–86 лет). Средняя продолжительность глаукомы – три года.

На момент включения в исследование всем пациентам был выполнен полный комплекс необходимого офтальмологического исследования с целью исключения активного воспаления и выявления других критериев исключения. ГПК (мм) измеряли с помощью лазерной интерферометрии с частичным когерентным рассеянием (Zeiss IOL Master 500; Carl Zeiss, Германия). В IOL Master при расчете ГПК измеряется расстояние от вершины передней части роговицы до вершины передней части хрусталика. С помощью встроенных функций и программы IOL Master были записаны и усреднены пять последовательных измерений ГПК. В качестве основных результатов оценивали ПЭК и центральную толщину роговицы (ЦТР)



Таблица 1. Средние показатели по группам

Показатель	До операции				После операции			
	1-я группа		2-я группа		1-я группа		2-я группа	
	1,6%-ный раствор гиалуроната натрия	хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%	1,6%-ный раствор гиалуроната натрия	хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%	1,6%-ный раствор гиалуроната натрия	хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%	1,6%-ный раствор гиалуроната натрия	хондроитина сульфат натрия 4% и натрия гиалуронат 3%
Среднее значение ПЭК, кл/мм <sup>2</sup>	2328,56 ± 162,13	2383,2 ± 359,0	2342,53 ± 263,83	2408,53 ± 167,50	2255,3 ± 193,5	2329,3 ± 233,8	2283,7 ± 276,0	2380,5 ± 166,4
Среднее значение ЦТР, мкм	532,562 ± 19,700	539,41 ± 19,98	536,66 ± 21,68	518,23 ± 19,90	545,8 ± 17,7	553,2 ± 12,3	544,20 ± 22,72	523,40 ± 16,95

Таблица 2. Значения интраоперационных параметров

Параметр	1-я группа	2-я группа
Общее время ультразвука, с	43,40 ± 8,10	44,69 ± 7,91
Кумулятивная рассеянная энергия, Дж	7,56 ± 1,70	7,06 ± 1,50
Расчетная аспирация жидкости, см <sup>3</sup>	74,01 ± 5,50	66,12 ± 7,90

с помощью эндотелиального микроскопа Tomey EM-4000, Япония, P3N 2017/6294 (до и через месяц после операции). Факоэмульсификация выполнялась одним хирургом по стандартной методике под местной анестезией. Во всех операциях использовалась система Centurion Silver System. Интраоперационные измерения включали данные рассеянной кумулятивной энергии, общее время ультразвука, общий используемый объем жидкости.

Данные представлены в виде среднего значения, стандартного отклонения. Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов программ OfficeStd. 2007 (Excel 2007) и STATISTICA 6.0.

### Результаты

В таблице 1 представлены средние показатели (до и через месяц после операции). Между группами статистически значимых различий не установлено. В таблице 2 приведены значения интраоперационных параметров.

Средний процент потери ЭК независимо от выбора вискоэластика в первой группе был значительно выше (2,2 ± 0,45; среднее значение ПЭК – 2355,8 ± 27,3 до операции и 2292,3 ± 36,9 кл/мм<sup>2</sup> через месяц после операции), чем в во второй (1,8 ± 0,65; среднее значение ПЭК – 2375,5 ± 33 до операции и 2332,1 ± 48,4 кл/мм<sup>2</sup> через месяц после операции). Хотя процент потери ЭК был выше в первой группе, разница также не была статистически значимой (p > 0,05).

### Литература

1. Cho S.W., Kim J., Choi C.Y., Park K.H. Changes in corneal endothelial cell density in patients with normal-tension glaucoma. Jpn. J. Ophthalmol. 2009; 53 (6): 569–573.
2. Марченко Л.Н., Рожко Ю.И. Морфология и плотность эндотелиальных клеток роговицы при первичной глаукоме. VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: сборник тезисов по материалам конференции / под ред. Х.П. Тахчиди. М., 2009; 225–252.

Динамика ЦТР у пациентов в первой группе характеризовалась увеличением на 2,5% – 535,9 ± 3,4 исходно и 549,5 ± 3,6 мкм к окончанию наблюдения. Во второй группе аналогичные показатели составили 527,4 ± 9,2 исходно и 533,8 ± 10,3 мкм через месяц после операции (увеличение на 1,2%). Разница между группами не была статистически значимой (p = 0,105).

### Заключение

Повреждение эндотелиальных клеток в ходе факоэмульсификации неизбежно. Проведение операции в ограниченном пространстве требует создания оптимальных условий для минимизации риска травмы ЭК роговицы. В связи с этим поддержание адекватной ГПК во время операции считается критическим для уменьшения вероятности повреждения эндотелия. При небольшой ГПК хирургия проходит вблизи эндотелиального слоя роговицы. Это позволило предположить, что глубина камеры > 2,5 мм может способствовать меньшей потере ЭК в ходе вмешательства.

После факоэмульсификации было проанализировано множество факторов, влияющих на потерю ЭК в послеоперационном периоде, включая плотность катаракты, длительность операции, время факоэмульсификации и интенсивность ультразвука. Таким образом, утрата ЭК представляет собой важный фактор, влияющий на прогноз после факоэмульсификации. Выявление факторов риска, связанных с потерей эндотелия (предоперационных, интраоперационных и послеоперационных), имеет большое значение для оценки прогноза после операции. ☺

**Прозрачность финансовой деятельности:**  
никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Конфликт интересов:** отсутствует.



3. Waring G.O., Bourne W. M., Edelhauser H.F., Kenyon K.R. The corneal endothelium. Normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology*. 1982; 89 (6): 531–590.
4. Ranno S., Fogagnolo P., Rossetti L., et al. Changes in corneal parameters at confocal microscopy in treated glaucoma patients. *Clin. Ophthalmol.* 2011; 5: 1037–1042.
5. Su W., Zhao J., Fan T.J. Dose- and time-dependent cytotoxicity of carteolol in corneal endothelial cells and the underlying mechanisms. *Front. Pharmacol.* 2020; 11: 202.
6. Lass J.H., Khosrof S.A., Laurence J.K., et al. A double-masked, randomized, 1-year study comparing the corneal effects of dorzolamide, timolol, and betaxolol. Dorzolamide Corneal Effects Study Group. *Arch. Ophthalmol.* 1998; 116 (8): 1003–1010.
7. Bourne R.R.A., Minassian D.C., Dart J.K.G., et al. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: Modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology*. 2004; 111 (4): 679–685.
8. Traish A.S., Colby K.A. Approaching cataract surgery in patients with fuchs' endothelial dystrophy. *Int. Ophthalmol. Clin.* 2010; 50 (1): 1–11.
9. Hayashi K., Yoshida M., Manabe S.-I., Hirata A. Cataract surgery in eyes with low corneal endothelial cell density. *J. Cataract Refract. Surg.* 2011; 37 (8): 1419–1425.
10. Yamazoe K., Yamaguchi T., Hotta K., et al. Outcomes of cataract surgery in eyes with a low corneal endothelial cell density. *J. Cataract Refract. Surg.* 2011; 37 (12): 2130–2136.
11. O'Brien P.D., Fitzpatrick P., Kilmartin D.J., Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by a junior resident. *J. Cataract Refract. Surg.* 2004; 30 (4): 839–843.
12. Hayashi K., Hayashi H., Nakao F., Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J. Cataract Refract. Surg.* 1996; 22 (8): 1079–1084.
13. Storr-Paulsen A., Norregaard J.C., Ahmed S., et al. Endothelial cell damage after cataract surgery: divide-and-conquer versus phaco-chop technique. *J. Cataract Refract. Surg.* 2008; 34 (6): 996–1000.
14. Walkow T., Anders N., Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J. Cataract Refract. Surg.* 2000; 26 (5): 727–732.

### Changes in Corneal Endothelial Cells after Phacoemulsification Depending on the Depth of the Anterior Chamber in Patients with Glaucoma

A.I. Fedorova, I.A. Loskutov, PhD, Z.I. Mamedov

*M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Scientific Research Institute*

Contact person: Anastasiya I. Fedorova, FedorovaAnastasyaIg@yandex.ru

**Purpose** of the study was to study the effect of anterior chamber depth (ACD) on the density of corneal endothelial cells (EC) during pre- and postoperative phacoemulsification using viscoelastic materials of various percentages in patients with glaucoma.

**Material and methods.** The study included 56 patients (56 eyes) with premature cataract and grade I–II glaucoma. The patients were divided into two groups according to ACD: the first group  $1.5 < ACD \leq 2.5$  mm, the second group  $2.5 < ACD \leq 3.5$  mm. Each group is divided into two subgroups. The first group consisted of 16 patients (16 eyes) who received an intraoperative solution of 1.6% sodium hyaluronate, and 12 patients (12 eyes) who used 4% sodium chondroitin sulfate and 3% sodium hyaluronate during surgery. The second group consisted of 15 patients (15 eyes) treated with 1.6% sodium hyaluronate solution and 13 patients (13 eyes) in whom 4% chondroitin sodium sulfate and 3% sodium hyaluronate were used for phacoemulsification. The number of endothelial cells and other studies were conducted a month before and after surgery.

**Results.** The average percentage of endothelial cell damage, regardless of the choice of viscoelastic material, was significantly higher in the first group ( $2.2 \pm 0.45$ ; average value of EC  $2355.8 \pm 27.3$  before surgery and  $2292.3 \pm 36.9$  cells/mm<sup>2</sup> after a month) than in the second ( $1.8 \pm 0.65$ ; average value of EC  $2375.5 \pm 33$  before surgery and  $2332.1 \pm 48.4$  cells/mm<sup>2</sup> a month after that). The dynamic thickness of the central part of the cornea (CPC) in patients of the first group was characterized by an increase of 2.5% –  $535.9 \pm 3.4$  microns initially and  $549.5 \pm 3.6$  microns by the end of follow-up. Although the percentage of endothelial cell damage was higher in the first group, the difference was also not statistically significant ( $p > 0.05$ ). In the second group, the increase in CPC was 1.2% –  $527.4 \pm 9.2$  microns initially and  $533.8 \pm 10.3$  microns a month after surgery. The difference between the groups is not statistically significant ( $p = 0.105$ ).

**Conclusion.** During phacoemulsification, damage to endothelial cells is necessary. With a small ACD, the operation is performed near the endothelial layer of the cornea. This is done so that the depth of the chamber  $> 2.5$  mm can contribute to less damage to endothelial cells during the intervention. Thus, the loss of endothelial cells is an important factor affecting the prognosis after phacoemulsification, and the identification of risk factors associated with endothelial damage, such as preoperative, intraoperative and postoperative parameters, is important for assessing the prognosis after surgery.

**Keywords:** corneal endothelial cells, cataract, glaucoma, phacoemulsification, viscoelasticity, anterior chamber depth