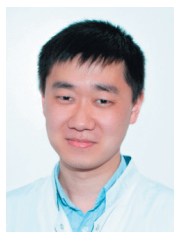


# Сравнение эффективности различных формул расчета оптической силы торических ИОЛ при операциях на хрусталике у пациентов после сквозной кератопластики

Д.А. Хван<sup>1,2</sup>Г.А. Федяшев<sup>1,2</sup>М.П. Ручкин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
пр-т Острякова, 2, Владивосток, 690002, Российская Федерация

<sup>2</sup> ООО «Приморский центр микрохирургии глаза»  
ул. Борisenко, 100е, Владивосток, 690088, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

**Офтальмология. 2025;22(3):589-595**

**Цель:** сравнить эффективность 9 формул расчета оптической силы торической монофокальной ИОЛ и ИОЛ с механизмом формирования волнового фронта при хирургическом лечении катаракты у пациентов после сквозной кератопластики (СКП). **Пациенты и методы.** В исследование включены 68 пациентов (68 глаз) после СКП, прооперированных по поводу катаракты, 32 пациентам (32 глаза) из них имплантирована EDOF ИОЛ AcrySof IQ Vivity DFTx15 (группа А), 36 пациентам (36 глаз) — монофокальная ИОЛ AcrySof IQ Toric SN6ATx (группа В). Средний срок после проведения СКП в группе А составил  $49,06 \pm 18,48$  месяца, в группе В —  $53,25 \pm 17,19$  месяца, средний возраст пациентов —  $45,71 \pm 13,65$  года, 27 мужчин, 41 женщина. Расчет оптической силы ИОЛ проводился по формулам Holladay 1, Hoffer Q, SRK/T, Haigis, Kane, Barrett Toric Calculator, EVO. Последнее две формулы были рассчитаны с прогнозируемой (PPC) и с измеренной задней поверхностью роговицы (MPC). **Результаты.** Наименьшие значения медианной абсолютной погрешности (MedAE) отмечены для формул, учитывающих измеренную заднюю поверхность роговицы: Barrett Toric Calculator (в группе А MedAE = 0,778; в группе В MedAE = 0,805) и EVO (в группе А MedAE = 0,799; в группе В MedAE = 0,801). В группе А самый высокий процент попадания находился в пределах  $\pm 0,5$  и  $\pm 1,0$  D и был получен для формул Barrett (MPC) ( $\pm 0,5$  D — 34,4 %;  $\pm 1,0$  D — 59,4 %), Kane ( $\pm 0,5$  D — 31,3 %;  $\pm 1,0$  D — 56,3 %) и EVO (MPC) ( $\pm 0,5$  D — 31,3 %;  $\pm 1,0$  D — 56,3 %); в группе В в пределах  $\pm 0,5$  D для формул Barrett (MPC) (16,7 %) и EVO (MPC) (16,7 %), в пределах  $\pm 1,0$  D для формул Barrett (MPC) (41,7 %), Kane (38,9 %) и EVO (MPC) (38,9 %). **Заключение.** Использование при расчете оптической силы ИОЛ параметров задней поверхности роговицы позволяет более точно достигнуть рефракции цели у пациентов с СКП. Формулы Barrett Toric Calculator и EVO с внесением параметров задней поверхности роговицы могут быть рекомендованы для использования в клинической практике при хирургической коррекции афакции у пациентов с ранее проведенной СКП.

**Ключевые слова:** сквозная кератопластика, катаракта, расчет ИОЛ, ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса

**Для цитирования:** Хван Д.А., Федяшев Г.А., Ручкин М.П. Сравнение эффективности различных формул расчета оптической силы торических ИОЛ при хирургии хрусталика у пациентов после сквозной кератопластики. *Офтальмология*. 2025;22(3):589-595. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-589-595>

**Прозрачность финансовой деятельности:** работа выполнена в рамках научной темы рег. № НИОКТР 122101000017-1.

**Конфликт интересов отсутствует.**



# Comparison of the Effectiveness of Different Formulas for Toric IOLs Optical Power Calculating at Lens Surgery in Patients after Penetrating Keratoplasty

D.A. Khvan<sup>1,2</sup>, G.A. Fedyashev<sup>1,2</sup>, M.P. Ruchkin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Pacific State Medical University Ministry  
Ostryakova ave., 2, Vladivostok, 690002, Russian Federation

<sup>2</sup> Primorskii Center of Eye Microsurgery  
Borisenko str, 100e, Vladivostok, 690088, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(3):589–595

**Purpose.** To compare the effectiveness of 9 calculating the IOL optical power formulas for toric monofocal IOL and wavefront formation mechanism IOL at cataract surgical treatment in patients after penetrating keratoplasty (PK). Patients and methods. The study included 68 patients (68 eyes) underwent cataract surgery after PK. 32 patients (32 eyes) were implanted with the EDOF IOL AcrySof IQ Vivity DFTx15 (group A), and 36 patients (36 eyes) were implanted with the monofocal IOL AcrySof IQ Toric SN6ATx (group B). The average period after the PK procedure in group A was  $49.06 \pm 18.48$  months, in group B —  $53.25 \pm 17.19$  months. The average age was  $45.71 \pm 13.65$  years, 27 men, 41 women. The optical power of the IOL was calculated using the Holladay 1, Hoffer Q, SRK/T, Haigis, Kane, Barrett Toric Calculator, EVO formulas. The last two formulas were calculated with the predicted (PPC) and measured posterior corneal surface (MPC). **Results.** The lowest values of the median absolute error (MedAE) were noted for formulas that take into account the measured posterior surface of the cornea — Barrett Toric Calculator (in group A MedAE = 0.778; in group B MedAE = 0.805) and EVO (in group A MedAE = 0.799; in group B MedAE = 0.801). In group A, the highest percentage of hits within  $\pm 0.5$  D and  $\pm 1.0$  D were obtained for the Barrett (MPC) formulas ( $\pm 0.5$  D — 34.4%;  $\pm 1.0$  D — 59.4%), Kane ( $\pm 0.5$  D — 31.3%;  $\pm 1.0$  D — 56.3%) and EVO (MPC) ( $\pm 0.5$  D — 31.3%;  $\pm 1.0$  D — 56.3%); in group B, within  $\pm 0.5$  D for the Barrett (MPC) (16.7%) and EVO (MPC) (16.7%) formulas, within  $\pm 1.0$  D for the Barrett (MPC) (41.7%), Kane (38.9%) and EVO (MPC) (38.9%) formulas. **Conclusion.** Using the posterior corneal surface parameters in the IOL optical power calculating allows more accurate target refraction in patients with PK. The Barrett Toric Calculator and EVO formulas with the introduction of posterior corneal surface parameters can be recommended for use in clinical practice of aphakia surgical correction in patients with previously performed PK.

**Keywords:** penetrating keratoplasty, cataract, IOL power calculation, extended depth of focus IOLs

**For citation:** Khvan D.A., Fedyashev G.A., Ruchkin M.P. Comparison of the Effectiveness of Different Formulas for Toric IOLs Optical Power Calculating at Lens Surgery in Patients after Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(3):589–595. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-3-589-595>

**Financial Disclosure:** the work was carried out within the framework of the scientific topic reg. № НИОКР 122101000017-1. **There is no conflict of interests.**

## ВВЕДЕНИЕ

Послеоперационная рефракция в глазах, которые ранее подверглись сквозной кератопластике (СКП), может быть непредсказуемой. Проведение СКП зачастую изменяет соотношение радиусов кривизны задней и передней поверхностей роговицы, следовательно использование стандартизированного кератометрического показателя преломления, который в настоящее время используется в формулах расчета ИОЛ, становится некорректным. Более того, изменения нормального анатомического взаиморасположения структур переднего отдела глаза могут привести к неправильному прогнозированию эффективного положения линзы (ЭПЛ).

Другой причиной рефракционной ошибки может служить некорректный выбор формулы расчета ИОЛ. Дело в том, что основная масса формул использует для прогнозирования ЭПЛ расчет высоты купола роговицы, который основан на данных фактической кератометрии. При этом формулы занижают значение ЭПЛ,

в то время как глубина передней камеры после СКП может и не измениться, а величина истинного ЭПЛ будет больше. Из-за ошибочно рассчитанного значения ЭПЛ формулы уменьшают оптическую силу ИОЛ, индуцируя гиперметропический сдвиг. При этом одним из способов обойти данную особенность является применение формул, не учитывающих данные кератометрии для определения ЭПЛ (Haigis, SRK II).

В настоящее время данные о выборе формул для расчета ИОЛ при операции по удалению катаракты после СКП в периодической литературе представлены крайне ограниченно. Стремясь улучшить результаты рефракции, мы сравнили точность формул расчета ИОЛ для прогнозирования результатов рефракции после операции по удалению катаракты в глазах после СКП.

Цель: сравнить эффективность 9 формул расчета оптической силы торической монофокальной ИОЛ и ИОЛ с механизмом формирования волнового фронта при хирургическом лечении катаракты у пациентов после сквозной кератопластики (СКП).

Д.А. Хван, Г.А. Федяшев, М.П. Ручкин

Контактная информация: Хван Дмитрий Артурович [Jedimagister93@gmail.com](mailto:Jedimagister93@gmail.com)

Сравнение эффективности различных формул расчета оптической силы торических ИОЛ...

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В данное ретроспективное исследование включены 68 пациентов, 68 глаз со сквозным кератотрансплантатом, прооперированных по поводу катаракты.

Пациенты были разделены на две группы: одной группе (группа А) имплантирована торическая ИОЛ с расширенной глубиной фокуса (EDOF — Extended depth of focus) Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15 (32 пациента, 32 глаза); другой (группа В) — торическая монофокальная ИОЛ Alcon AcrySof IQ Toric SN6ATx (36 пациентов, 36 глаз).

Всем пациентам проведена факоэмульсификация катаракты через роговичный тоннельный разрез 2,2 мм и один вспомогательный парацентез 1,0 мм. Все разрезы были сделаны через реципиентную зону без пересечения с местом соединения донорского трансплантата. Операции проводились с помощью аппарата Centurion Vision System (Alcon, США), с использованием технологии Active Sentry. Контроль за положением оси выравнивания торической ИОЛ осуществлялся при помощи интраоперационной навигационной системы Verion (Alcon, США).

К моменту оперативного лечения катаракты в двух группах время после снятия роговичных швов составило не менее 6 месяцев, а средний срок после проведения СКП в группе А составил  $49,06 \pm 18,48$  мес., в группе В —  $53,25 \pm 17,19$  мес. Показатели кератометрии были стабильными не менее 3-х месяцев. С 2013 года в условиях ООО «Приморский центр микрохирургии глаза» было выполнено 38 СКП из 68 включенных в исследование, остальные СКП были проведены в иных клиниках. Средний возраст пациентов составил  $45,71 \pm 13,65$  года, 27 мужчин, 41 женщина.

Первичный диагноз до СКП включал: кератоконус (34 глаза, 50 %), поствоспалительное помутнение роговицы (25 глаз, 36,76 %), послеоперационную эктазию роговицы (7 глаз, 10,29 %), помутнение предыдущего трансплантата (2 глаза, 2,94 %).

Предоперационное офтальмологическое обследование включало определение остроты зрения без коррекции (НКОЗ), с максимальной коррекцией (МКОЗ), рефрактометрию, измерение внутриглазного давления. Осевая длина глаза измерялась при помощи оптического биометра IOL Master 700 (Carl Zeiss, Германия), показатели роговицы — на шеймплюг-кератотопографе Oculyzer (Alcon, США). Для линзы AcrySof IQ Vivity DFTx15 использовалась оптическая константа 119,2, а для линзы AcrySof IQ Toric SN6ATx — 119,1. Расчет предоперационного сферического эквивалента (SE — spherical equivalent) для формул Holladay 1, Hoffer Q, SRK/T, Haigis проводился в программном обеспечении Verion; для формулы Kane использовался онлайн-калькулятор [www.iolformula.com](http://www.iolformula.com); для Barrett Toric Calculator — [ascrs.org](http://ascrs.org), для формулы Emmetropia Verifying Optical (EVO) — [www.evoiolcalculator.com](http://www.evoiolcalculator.com). Последние две формулы были рассчитаны с прогнозируемой задней поверхностью роговицы (PPC — predicted posterior cornea) и с измеренной (MPC — measured

posterior cornea). Послеоперационная оценка зрительных функций, данных рефракции осуществлялась в 1-й день после операции, через 1, 3 и 6 месяцев.

Ошибка прогнозирования (PE — prediction error) определяли как фактический послеоперационный SE минус прогнозируемый SE. Для каждой формулы рассчитывали среднюю PE, ее стандартное отклонение ( $ME \pm SD$ ), медианную абсолютную погрешность (MedAE) и среднюю абсолютную погрешность (MAE). Отмечен процент глаз с PE в пределах  $\pm 0,25$ ,  $\pm 0,5$ ,  $\pm 0,75$ ,  $\pm 1,0$ ,  $\pm 1,5$  и  $\pm 2,0$  дптр.

Статистическая обработка результатов исследования выполнена при помощи программ SPSS Statistics 27 (IBM, США) и Microsoft Excel 2013. Оценка распределения данных осуществлена с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Значимость полученных результатов параметрических показателей оценивалась при помощи *t*-критерия Стьюдента, непараметрических — критерия Манна — Уитни (для несвязанных) и Вилкоксона (для связанных). Значение  $p < 0,05$  рассматривалось как статистически достоверное.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены исходные биометрические характеристики для каждой группы, в таблице 2 — данные прогнозируемого SE и PE к концу наблюдения для каждой формулы, фактический SE в группе А составил:  $-1,06 \pm 0,92$ , в группе В:  $-1,64 \pm 1,29$ . Средние значения PE были отрицательными для каждой формулы, что указывает на миопический сдвиг.

Наименьшие значения MedAE были отмечены для формул, учитывающих MPC, а именно, Barrett Toric Calculator (в группе А MedAE = 0,778; в группе В MedAE = 0,805) и EVO (в группе А MedAE = 0,799; в группе В MedAE = 0,801) (табл. 3). Попарное сравнение MedAE выявило статистически значимую разницу между формулой Barrett (MPC) и формулами Holladay 1 ( $p = 0,024$ ), Hoffer Q ( $p = 0,009$ ), Haigis ( $p = 0,006$ ), SRK/T ( $p = 0,02$ ), Kane ( $p = 0,027$ ), Barrett (PPC) ( $p < 0,001$ ); между формулами Kane и Hoffer Q ( $p = 0,046$ ); между Barrett (MPC) и EVO (PPC) ( $p < 0,001$ ), EVO (MPC) ( $p = 0,028$ ) в группе А (табл. 4).

**Таблица 1.** Предоперационные биометрические параметры

**Table 1.** Preoperative biometric parameters

| Характеристики<br>Characteristics                                      | Группа А / Group A<br>Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15 | Группа В / Group B<br>AcrySof IQ Toric SN6ATx |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Длина глаза, мм<br>Axial length, mm                                    | $24,58 \pm 1,69$                                     | $24,35 \pm 1,79$                              |
| Глубина передней камеры, мм<br>Anterior chamber depth, mm              | $3,35 \pm 0,48$                                      | $3,12 \pm 0,38$                               |
| K (flat), D                                                            | $42,96 \pm 3,39$                                     | $43,94 \pm 4,03$                              |
| K (steep), D                                                           | $48,29 \pm 3,23$                                     | $49,89 \pm 3,91$                              |
| Толщина хрусталика, мм<br>Lens thickness, mm                           | $4,05 \pm 0,35$                                      | $4,22 \pm 0,37$                               |
| Расстояние WTW, мм<br>White-to-white, mm                               | $11,9 \pm 0,16$                                      | $11,9 \pm 0,14$                               |
| Центральная толщина роговицы, мкм<br>Central cornea thickness, $\mu$ m | $588,31 \pm 22,27$                                   | $586,58 \pm 22,56$                            |

**Таблица 2.** Прогнозируемый сферический эквивалент и ошибка прогнозирования**Table 2.** Predicted spherical equivalent and prediction error

|                                                     | Прогнозируемый SE, D<br>Predicted SE, D | PE, D            |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|
| Группа А / Group A (Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15) |                                         |                  |
| Holladay 1                                          | $-0,15 \pm 0,4$                         | $-0,91 \pm 0,99$ |
| Hoffer Q                                            | $-0,44 \pm 0,41$                        | $-0,62 \pm 1,05$ |
| Haigis                                              | $-0,20 \pm 0,29$                        | $-0,86 \pm 1,02$ |
| SRK/T                                               | $0,16 \pm 0,65$                         | $-1,22 \pm 1,17$ |
| Kane                                                | $-0,21 \pm 0,12$                        | $-0,85 \pm 0,92$ |
| Barrett Toric Calculator (PPC)                      | $-0,28 \pm 0,22$                        | $-0,78 \pm 0,94$ |
| Barrett Toric Calculator (MPC)                      | $-0,18 \pm 0,23$                        | $-0,87 \pm 0,86$ |
| EVO (PPC)                                           | $-0,31 \pm 0,16$                        | $-0,75 \pm 0,94$ |
| EVO (MPC)                                           | $-0,15 \pm 0,2$                         | $-0,91 \pm 0,92$ |
| Группа В / Group B (AcrySof IQ Toric SN6ATx)        |                                         |                  |
| Holladay 1                                          | $-0,39 \pm 0,49$                        | $-1,29 \pm 1,46$ |
| Hoffer Q                                            | $-0,33 \pm 0,55$                        | $-1,35 \pm 1,49$ |
| Haigis                                              | $-0,16 \pm 0,37$                        | $-1,52 \pm 1,46$ |
| SRK/T                                               | $0,20 \pm 0,64$                         | $-1,88 \pm 1,51$ |
| Kane                                                | $-0,29 \pm 0,14$                        | $-1,39 \pm 1,28$ |
| Barrett Toric Calculator (PPC)                      | $-0,19 \pm 0,23$                        | $-1,49 \pm 1,31$ |
| Barrett Toric Calculator (MPC)                      | $-0,38 \pm 0,25$                        | $-1,29 \pm 1,3$  |
| EVO (PPC)                                           | $-0,31 \pm 0,18$                        | $-1,35 \pm 1,29$ |
| EVO (MPC)                                           | $-0,39 \pm 0,29$                        | $-1,30 \pm 1,31$ |

**Таблица 3.** Медианная абсолютная ошибка (MedAE)**Table 3.** Median absolute error (MedAE)

| MedAE (Q25–Q75)                | Группа А / Group A<br>Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15 | Группа В / Group B<br>AcrySof IQ Toric SN6ATx |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Holladay 1                     | 0,938 (0,333–1,211)                                  | 0,927 (0,471–1,869)                           |
| Hoffer Q                       | 0,913 (0,401–1,381)                                  | 0,856 (0,262–1,621)                           |
| Haigis                         | 0,823 (0,342–1,207)                                  | 0,820 (0,359–1,563)                           |
| SRK/T                          | 0,905 (0,371–1,323)                                  | 0,906 (0,419–1,704)                           |
| Kane                           | 0,795 (0,334–1,195)                                  | 0,814 (0,441–1,337)                           |
| Barrett Toric Calculator (PPC) | 0,801 (0,314–1,254)                                  | 0,806 (0,442–1,545)                           |
| Barrett Toric Calculator (MPC) | 0,778 (0,381–1,091)                                  | 0,805 (0,404–1,418)                           |
| EVO (PPC)                      | 0,834 (0,332–1,207)                                  | 0,840 (0,461–1,393)                           |
| EVO (MPC)                      | 0,799 (0,261–1,068)                                  | 0,801 (0,419–1,353)                           |

В группе В статистически значимая разница MedAE выявлена между формулами Kane и Haigis ( $p = 0,05$ ); Barrett (MPC) и Haigis ( $p = 0,027$ ); Kane и SRK/T ( $p = 0,05$ ) (табл. 5).

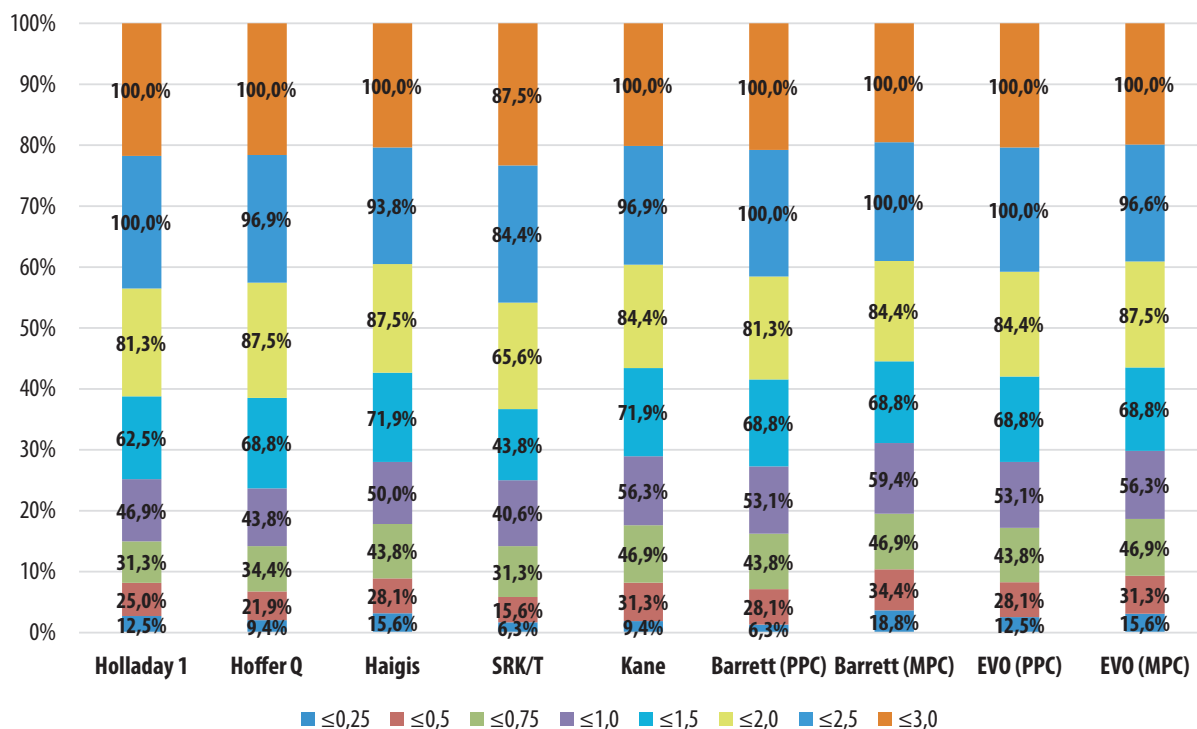
В группе А самая высокая частота погрешности в пределах  $\pm 0,5$  D и  $\pm 1,0$  D была получена для формул Barrett (MPC) ( $\pm 0,5$  D — 34,4 %;  $\pm 1,0$  D — 59,4 %), Kane ( $\pm 0,5$  D — 31,3 %;  $\pm 1,0$  D — 56,3 %) и EVO (MPC) ( $\pm 0,5$  D — 31,3 %;  $\pm 1,0$  D — 56,3 %) (рис. 1); у пациентов группы В в пределах  $\pm 0,5$  D для формул Barrett (MPC) (16,7 %) и EVO (MPC) (16,7 %), в пределах  $\pm 1,0$  D для формул Barrett (MPC) (41,7 %), Kane (38,9 %) и EVO (MPC) (38,9 %) (рис. 2).

**Таблица 4.** Матрица значений  $P$  для парных сравнений медианной абсолютной ошибки, группа А (Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15).**Table 4.** Matrix of P value for the pairwise comparisons of the median absolute error, group A (Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15).

| Группа А / Group A | Holladay 1 | Hoffer Q | Haigis | SRK/T | Kane   | Barrett (PPC) | Barrett (MPC) | EVO (PPC) | EVO (MPC) |
|--------------------|------------|----------|--------|-------|--------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| Holladay 1         | 1          |          |        |       |        |               |               |           |           |
| Hoffer Q           | 0,191      | 1        |        |       |        |               |               |           |           |
| Haigis             | 0,793      | 0,401    | 1      |       |        |               |               |           |           |
| SRK/T              | 0,489      | 0,722    | 0,395  | 1     |        |               |               |           |           |
| Kane               | 0,068      | 0,046*   | 0,158  | 0,125 | 1      |               |               |           |           |
| Barrett (PPC)      | 0,262      | 0,147    | 0,21   | 0,061 | 0,808  | 1             |               |           |           |
| Barrett (MPC)      | 0,024*     | 0,009*   | 0,006* | 0,02* | 0,027* | <0,001*       | 1             |           |           |
| EVO (PPC)          | 0,262      | 0,169    | 0,472  | 0,145 | 0,224  | 0,489         | <0,001*       | 1         |           |
| EVO (MPC)          | 0,106      | 0,051    | 0,121  | 0,112 | 0,837  | 0,911         | 0,028*        | 0,21      | 1         |

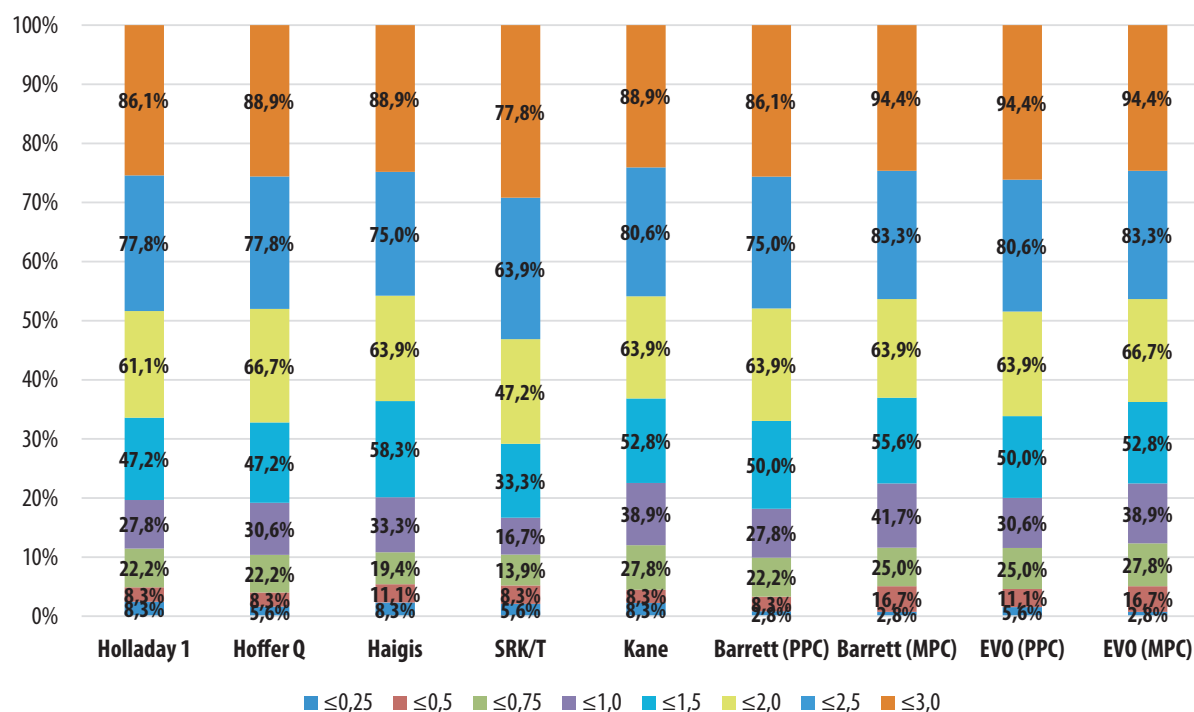
**Таблица 5.** Матрица значений  $P$  для парных сравнений медианной абсолютной ошибки, группа В (AcrySof IQ Toric SN6ATx)**Table 5.** Matrix of P value for the pairwise comparisons of the median absolute error, group B (AcrySof IQ Toric SN6ATx)

| Группа В / Group B | Holladay 1 | Hoffer Q | Haigis | SRK/T | Kane  | Barrett (PPC) | Barrett (MPC) | EVO (PPC) | EVO (MPC) |
|--------------------|------------|----------|--------|-------|-------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| Holladay 1         | 1          |          |        |       |       |               |               |           |           |
| Hoffer Q           | 0,545      | 1        |        |       |       |               |               |           |           |
| Haigis             | 0,494      | 0,912    | 1      |       |       |               |               |           |           |
| SRK/T              | 0,418      | 0,593    | 0,465  | 1     |       |               |               |           |           |
| Kane               | 0,07       | 0,236    | 0,05*  | 0,05* | 1     |               |               |           |           |
| Barrett (PPC)      | 0,129      | 0,409    | 0,261  | 0,106 | 0,632 | 1             |               |           |           |
| Barrett (MPC)      | 0,051      | 0,282    | 0,027* | 0,087 | 0,869 | 0,712         | 1             |           |           |
| EVO (PPC)          | 0,077      | 0,475    | 0,258  | 0,099 | 0,123 | 0,888         | 0,475         | 1         |           |
| EVO (MPC)          | 0,096      | 0,326    | 0,172  | 0,167 | 0,441 | 0,956         | 0,46          | 0,962     | 1         |



**Рис. 1.** Процент погрешности в диапазоне от  $\pm 0.25$  до  $\pm 3.0$  D, группа A (Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15)

**Fig. 1.** Percentage of eyes within the error range of  $\pm 0.25$  D to  $\pm 3.0$  D, Group A (Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15)



**Рис. 2.** Процент погрешности в диапазоне от  $\pm 0.25$  до  $\pm 3.0$  D, группа B (AcrySof IQ Toric SN6ATx)

**Fig. 2.** Percentage of eyes in the error range from  $\pm 0.25$  D to  $\pm 3.0$  D, group B (AcrySof IQ Toric SN6ATx)



## ОБСУЖДЕНИЕ

Отсроченная операция по поводу катаракты, в отличие от одномоментной процедуры, у пациентов после СКП имеет определенные преимущества, заключающиеся в том, что параметры глаза, такие как осевая длина, глубина передней камеры, кератометрия, стабилизируются после снятия всех роговичных швов, что позволяет более точно рассчитать силу ИОЛ [1, 2].

При этом, несмотря на стабилизацию биометрических данных, применение в расчетах ИОЛ современных методов кератотопографии, регистрирующих, помимо изменений передней поверхности роговицы топографию задней поверхности, а также ее толщину в зоне интереса, применение индивидуальных схем и формул расчета, учитывающих изменения коэффициентов радиуса, отклоняющихся после СКП от модельного глаза Гульстранда, использование в расчете силы ИОЛ всех доступных биометрических параметров, таких как фактическая глубина передней камеры, толщина линзы и осевая длина, сохраняется достаточно высокий риск рефракционной ошибки в послеоперационном периоде [2, 3]. Соответственно выбор формулы для расчета ИОЛ у данной категории пациентов является сложным и ответственным моментом для любого хирурга [4].

В настоящем исследовании проведен анализ точности 9 формул для расчета оптической силы двух типов ИОЛ у пациентов, ранее перенесших сквозную кератопластику. Все формулы имели тенденцию к миопическому сдвигу. Формулы Barrett Toric Calculator и EVO, учитывающие измеренную заднюю поверхность роговицы, имели наименьшее значение медианной абсолютной погрешности, а также самую высокую частоту попадания в погрешность  $\pm 0,5$  и  $\pm 1,0$  D.

В исследовании M. Pellegrini и соавт. (2022) ФЭК с расчетом ИОЛ проводилась у пациентов, ранее перенесших переднюю глубокую послойную кератопластику (DALK — deep anterior lamellar keratoplasty). Самому высокому проценту глаз в пределах  $\pm 1,0$  D соответствовали формулы Hoffer QST (59,8 %), EVO (56,1 %) и SRK/T (56,1 %), а самые низкие показатели MedAE были у формул SRK/T (0,805), Kane (0,810) и EVO (0,845). Важно отметить, что оценка показателей роговицы в этом исследовании была выполнена при помощи оптического биометра IOL Master 700 (Carl Zeiss, Германия), который не проводит «истинного» измерения показателей ее задней поверхности [5].

В отличие от исследования M. Pellegrini и соавт., в нашей работе оценка кератометрических показателей проводилась при помощи шеймфлюг-кератотопографа Oculyzer (Alcon, США), что позволило оценить фактические параметры задней поверхности роговицы и учесть их в расчете силы ИОЛ. Полученные нами результаты

показали, что MedAE был ниже для формул Barrett Toric Calculator (в группе A MedAE = 0,778; в группе B MedAE = 0,805) и EVO (в группе A MedAE = 0,799; в группе B MedAE = 0,801), учитывающих измеренную заднюю поверхность роговицы.

Таким образом, проведенное нами исследование показывает, что использование фактических кератометрических параметров роговицы для расчета силы ИОЛ, в частности задней поверхности, позволяет более точно достигнуть рефракции цели в послеоперационном периоде.

В более ранних публикациях, представленных в периодической литературе, описано, что целевая рефракция  $\pm 2,0$  D достигается в 67–95 % случаев при последовательной процедуре [6–8]. Однако в этих работах формулой выбора являлась SRK/T и не проводилась сравнительная оценка ошибки прогнозирования между формулами. В проведенном нами исследовании диапазон рефракции  $\pm 2,0$  D для формулы SRK/T был достигнут значительно реже — в 47,2–87,5 % случаев.

Во всех исследованиях, представленных в периодической литературе, касающихся изучения особенностей расчета ИОЛ и оценивающих достижения оптимальной рефракции у пациентов после проведенной СКП, рассматриваются только случаи операций по поводу катаракты с имплантацией монофокальной ИОЛ. Однако в глазах после кератопластики послеоперационный астигматизм является одной из основных причин низкого зрения, несмотря на наличие здорового трансплантата. Наше исследование показывает, что последовательная хирургия катаракты с имплантацией торической ИОЛ после СКП весьма эффективна для снижения рефракционного астигматизма, что подтверждается многими литературными источниками, изучавшими данную сторону вопроса [6–9].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование фактических кератометрических параметров, в частности измеренной задней поверхности роговицы при расчете оптической силы интраокулярной линзы, позволяет более точно достигнуть рефракции цели у пациентов со сквозным кератотрансплантатом. Формулы Barrett Toric Calculator и EVO с измеренной задней поверхностью роговицы могут быть рекомендованы для использования в клинической практике при хирургической коррекции афакии у пациентов с ранее проведенной сквозной кератопластикой.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Хван Д. А. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание текста;  
Федяшев Г. А. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;  
Ручкин М. П. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, научное редактирование.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Feizi S, Zare M. Current approaches for management of postpenetrating keratoplasty astigmatism. *J Ophthalmol*. 2011;2011:708736. doi: 10.1155/2011/708736.
2. Dietrich T, Viestenz A, Langenbucher A, Naumann GO, Seitz B. Treffsicherheit der Kunstlinsberechnung bei Katarakt-Operation nach perforierender Keratoplastik — retrospektive Studie an 72 Augen [Accuracy of IOL power prediction in cataract surgery after penetrating keratoplasty—retrospective study of 72 eyes]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2011 Aug;228(8):698–703. German. doi: 10.1055/s-0029-1245640.
3. Cazabon S, Quah SA, Jones MN, Batterbury M, Kaye SB. Sequential versus combined penetrating keratoplasty and cataract surgery. *Optom Vis Sci*. 2010 Jul;87(7):482–486. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181e1728e.
4. Gruenauer-Kloevekorn C, Kloevekorn-Norgall K, Duncker GI, Habermann A. Refractive error after triple and non-simultaneous procedures: is the application of a standard constant keratometry value in IOL power calculation advisable? *Acta Ophthalmol Scand*. 2006;84(5):679–683. doi: 10.1111/j.1600-0420.2006.00705.x.
5. Pellegrini M, Furioli L, Sargari N, D'Angelo S, Zauli G, Yu AG, Busin M. Accuracy of intraocular lens power calculation for cataract surgery after deep anterior lamellar keratoplasty. *Clin Exp Ophthalmol*. 2022 Jan;50(1):17–22. doi: 10.1111/ceo.14026.
6. Özbek Uzman S, Yalnız Akkaya Z, Düzova E, Şingar E, Burcu A. Corneal Pathology and Cataract: Combined Surgery or Sequential Surgery? *Turk J Ophthalmol*. 2021 Feb 25;51(1):1–6. doi: 10.4274/tjo.galenos.2020.04382.
7. Cung LX, Hang DTT, Hiep NX, Quyet D, Thai TV, Nga VT, Bac ND, Nguyen DN. Evaluation of Phacoemulsification Cataract Surgery Outcomes After Penetrating Keratoplasty. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019 Dec 20;7(24):4301–4305. doi: 10.3889/oamjms.2019.379.
8. Lockington D, Wang EF, Patel DV, Moore SP, McGhee CN. Effectiveness of cataract phacoemulsification with toric intraocular lenses in addressing astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*. 2014 Dec;40(12):2044–2049. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.03.025.
9. Devebacak A, Degirmenci C, Barut Selver O, Palamar M, Egrilmez S. Correction of high astigmatism with toric intraocular lens in eyes with corneal transplant. *Eur J Ophthalmol*. 2022 Aug 31;11206721221123885. doi: 10.1177/11206721221123885.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Хван Дмитрий Артурович  
аспирант кафедры офтальмологии и оториноларингологии  
<https://orcid.org/0000-0003-2221-9145>

Федяшев Глеб Арнольдович  
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии  
и оториноларингологии  
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ручкин Михаил Петрович  
кандидат медицинских наук, ассистент кафедры офтальмологии  
и оториноларингологии  
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>

## ABOUT THE AUTHORS

Khvan Dmitry A.  
postgraduate of the Otorhinolaryngology Department  
<https://orcid.org/0000-0003-2221-9145>

Fedyashev Gleb A.  
MD, head of the Otorhinolaryngology Department  
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ruchkin Micheal P.  
PhD, assistant of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department  
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>