

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ РАДИАЛЬНОЙ КЕРАТОТОМИИ В РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Бархатова Е.П.*, Санторо Э.Ю., Парохонко Ю.С.

Сургутская окружная клиническая больница, Сургут

DOI: 10.25881/20728255_2024_19_1_68

Резюме. Цель исследования — оценить отдаленные результаты расчета интраокулярных линз (ИОЛ) у пациентов с передней радиальной кератотомией (ПРК) в анамнезе. Введение. В последние годы наблюдается рост числа пациентов с катарактой, которым ранее была выполнена ПРК. Единой тактики расчета ИОЛ для данной группы пациентов не существует. Риск не попасть в целевую рефракцию после операции остается очень высоким. Пациенты и методы. Проанализированы результаты расчета оптической силы ИОЛ у 13 пациентов (16 глаз) с ПРК в анамнезе в период с января 2021 г. по апрель 2023 г. Расчет ИОЛ проводился по формулам Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK с данными кератометрии Tomey OA 2000 и Verion. На основании полученных значений определялась оптическая сила ИОЛ путем отбора результатов близких по значению в пределах 1 дптр, предпочтение отдавалось ИОЛ с большей оптической силой. Результаты. В отдаленном периоде (6 мес. — 2 года) НКОЗ в среднем составила $0,56 \pm 0,06$, МКОЗ — $0,69 \pm 0,06$. Сферозэквивалент рефракции глаза составил в среднем $-0,45 \pm 0,2$ дптр. Выводы. Расчет оптической силы ИОЛ по формулам Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK дает высокие функциональные результаты без применения поправок.

Ключевые слова: катаракта, передняя радиальная кератотомия (ПРК), кератометрия, расчет оптической силы ИОЛ, Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK.

Введение

Передняя радиальная кератотомия (ПРК) как вариант коррекции аномалий рефракции получила широкое распространение в 80-х гг. XX века. В мире было сделано несколько млн. подобных операций. В России только в системе МНТК «Микрохирургия глаза» к 2000 г. было выполнено свыше 600 тыс. таких операций. Поэтому случаи катаракты в сочетании с ПРК будут встречаться еще не менее 20 лет [1].

Сложности в расчете оптической силы ИОЛ после перенесенной ПРК обусловлены, в первую очередь, нерегулярным профилем роговицы, и начинаются уже на этапе кератометрии. ПРК уплощает роговицу без изменения ее толщины, но только в небольшой центральной оптической зоне. Эффективный диаметр оптической зоны может быть значительно меньше, чем зона измерения стандартной кератометрии. После ПРК по поводу миопии, которая делает роговицу плоской максимально в центре, есть риск измерить более крутой парацентральный радиус. В этом случае оптическая сила роговицы будет завышена, и пациент может получить гиперметропию после операции [2; 3]. Кроме того, ситуация осложняется наличием нерегулярного астигматизма у большинства пациентов в связи с различным по выраженности рубцеванием кера-

CALCULATION OF IOL OPTICAL POWER IN PATIENTS AFTER UNDERGOING RADIAL KERATOTOMY IN REAL CLINICAL PRACTICE

Barkhatova E.P.*, Santoro E.Yu., Parokhonko Yu.S.

Autonomous district Surgut Regional Clinical Hospital, Surgut

Abstract. The purpose of the study — to evaluate the long-term results of calculating IOL in patients with an anterior radial keratotomy in the anamnesis. Introduction. In recent years, there has been an increase in the number of cataract patients who had previously undergone radial keratotomy. There is no single IOL calculation tactic for this group of patients. The risk of not getting into the target refraction after surgery remains very high. Patients and methods. The results of calculating the optical strength of IOL in 13 patients (16 eyes) with a history of radial keratotomy in the period from January 2021 to April 2023 were analyzed. The calculation of IOL was carried out using the formulas Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK with keratometry data Tomey OA 2000 and Verion. Based on the obtained values, the optical power of the IOL was determined by selecting a results close in value within the limits of the diopter, preference was given to IOL with greater optical strength. Results. In the long-term period (6 months — 2 years) uncorrected visual acuity averaged 0.56 ± 0.06 , visual acuity with correction — 0.69 ± 0.06 . The refractive index of the eye averaged -0.45 ± 0.2 dptr. Conclusions. The calculation of the optical power of the IOL using the formulas Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK gives high functional results without applying corrections.

Keywords: cataract, anterior radial keratotomy, keratometry, calculation of IOL optical power, Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK.

томических насечек и непредсказуемой асферичностью роговицы в отдаленном послеоперационном периоде [2; 4]. Хорошую перспективу открывает применение Шеймпфлюг-кератотопографов [1; 5], но они доступны далеко не всем практикующим хирургам.

Второй серьезной проблемой является выбор формулы для расчета оптической силы ИОЛ. Большинство формул используют для прогнозирования эффективного положения линзы (ELP — Effective Lens Position) расчет высоты роговичного купола, который основан на данных кератометрии. Однако роговица после кераторефракционных операций становится более плоской в центре, поэтому формулы уменьшают значение ELP и, соответственно, уменьшают оптическую силу ИОЛ, индуцируя гиперметропический сдвиг послеоперационной рефракции [2; 3; 5; 6].

Формула Haigis по свидетельству автора имеет преимущество для глаз после кераторефракционных операций по сравнению с другими формулами, поскольку в ней для прогнозирования ELP используется только ПЗО и предоперационная глубина передней камеры и не используется кератометрия. Кератометрические данные необходимы формуле только для расчета оптической силы ИОЛ, и для корректного расчета после ПРК остается лишь предоставить ей их истинные значения [5].

* e-mail: barchatovaelena@mail.ru

Формула Hoffer Q была опубликована автором в 1993 г. Понятие ELP еще не было введено, и Kenneth Hoffer обозначал ее как псевдофакичную глубину передней камеры (ACD). Для прогнозирования ACD использовалась выведенная эмпирическим путем ее нелинейная зависимость от величины ПЗО. Благодаря прямому использованию кератометрических диоптрий без перевода в радиус роговицы формула Hoffer Q хорошо работает в миопических глазах с уплощенной роговицей после ПРК с кератометрией в диапазоне 30,0–40,0 дптр [3; 5].

Также, по данным литературы, хорошо подходит для глаз с предшествующими кераторефракционными операциями формула Barret TrueK. Для определения задней поверхности роговицы в этой формуле используется по умолчанию в режиме прогнозирования теоретическая модель Predicted PCA для индивидуального глаза [3; 5].

Касьянов А.А., Рыжкова Е.Г. изложили алгоритм расчета ИОЛ после ПРК — «Метод трех формул». Кератометрические данные получали с помощью Шеймпфлюг-кератотопографа Galilei (использовали протокол IOL Power Report). Стандартная биометрия проводилась на IOL Master 700. Расчет ИОЛ осуществляли по формуле Haigis на IOL Master 700, но в опциональные поля кератометрии в ручном режиме вводили скорректированные данные, полученные на кератотопографе Galilei. В качестве проверочных использовали формулы Burret True-K и Hoffer Q также на IOL Master. Выбор оптической силы ИОЛ для имплантации осуществляли на основе корреляции между результатами расчета по формулам Haigis, Burret True-K и Hoffer Q [5].

Иошин И.Э. разработал собственный алгоритм расчета ИОЛ. Он заключается в предварительном расчете оптической силы по различным формулам с использованием онлайн-калькулятора <http://iol.ascrs.org/>, которая попадает в определенный диапазон значений. Затем производится расчет ИОЛ по проверочной формуле Hoffer Q: планируемая оптическая сила ИОЛ должна соответствовать послеоперационной рефракции +1 дптр в виде собственной эмпирической поправки. Выбор итоговой оптической силы ИОЛ после сравнения двух расчетов осуществляется с предпочтением большей оптической силы ИОЛ. По данной технологии было прооперировано более 200 пациентов [3].

Цель исследования — оценить отдаленные результаты расчета ИОЛ у пациентов с ПРК в анамнезе.

Пациенты и методы

Проанализированы результаты расчета оптической силы ИОЛ у 13 пациентов (16 глаз), которым была проведена факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ в офтальмологическом отделении БУ «Сургутская окружная клиническая больница в период с января 2021 по апрель 2023 гг. Критерием включения пациентов в группу исследования было наличие оперированной миопии методом передней радиальной кератотомии.

Средний возраст пациентов на момент хирургии составил $65,8 \pm 1,31$ лет (от 57 до 72 лет). Распределение по

полу: 5 мужчин, 8 женщин, у 3-х женщин были прооперированы оба глаза с интервалом в 3 месяца. Всем пациентам был выполнен стандартный объем исследований: визометрия, рефрактометрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия, биометрия, кератометрия. Оптическая биометрия Tomey OA 2000 (Alcon) была проведена на 14 глазах, в двух случаях из-за очень плотной катаракты была выполнена ультразвуковая биометрия контактным методом с последующей поправкой (+0,2 мм на толщину сетчатки). Дополнительно проводилась топография роговицы на Tomey OA 2000 с использованием колец Пласидо для оценки регулярности роговицы.

Кератометрия исследовалась на двух приборах: Tomey OA 2000 и диагностическом модуле навигационной системы Verion (Alcon). Принципиальным отличием этих аппаратов является диаметр зоны измерения роговицы.

Расчет ИОЛ проводился на Tomey OA 2000 по интегрированным формулам Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK отдельно с данными кератометрии Tomey и Verion. На основании полученных значений определялась оптическая сила ИОЛ путем отбора результатов близких по значению в пределах 1 дптр, предпочтение отдавалось ИОЛ с большей оптической силой. В 4 случаях к полученной силе ИОЛ были прибавлены 1,5 дптр в качестве эмпирической поправки.

Всем пациентам была выполнена ФЭК по стандартной технологии с пониженным уровнем ирригации на аппаратах Centurion и Constellation Vision System (Alcon, США) с имплантацией заднекамерных интраокулярных линз (SN60AT — 9, SN60WF — 7). В зависимости от количества кератотомических надрезов, а также модели ИОЛ, в качестве основного доступа использовали роговичные или склеральные разрезы с шириной 2,2 или 2,4 мм. Во всех случаях операции прошли без осложнений.

Период послеоперационного наблюдения составил от 6 месяцев до 2 лет.

Ошибка расчета вычислялась ретроспективно в период от 6 месяцев до 2 лет после операции.

Теоретическая оптическая сила ИОЛ для эметропии (IOLEmme) вычислялась по формуле:

$$IOLEmme = IOLimpl + SEref/0,7,$$

где: IOLimpl — оптическая сила имплантированной ИОЛ, SEref — сферический эквивалент рефракции прооперированного глаза, определялся по визометрии с коррекцией.

Коэффициент 0,7 использовался, чтобы перевести рефракцию из очковой плоскости в плоскость искусственного хрусталика [7].

Результаты и обсуждение

Некорригированная острота зрения (НКОЗ) до операции была в пределах 0,01–0,3, в среднем — $0,11 \pm 0,03$, средняя максимально корригированная острота зрения (МКОЗ) до операции — $0,22 \pm 0,04$. На 7 глазах была гиперметропическая коррекция +1,5 до +4,75 дптр, на 3-х глазах — миопическая

Табл. 1. Максимальные, минимальные и средние значения K1 и K2

	Tomey OA 2000		Verion	
	K1 (flat)	K2 (steep)	K1 (flat)	K2 (steep)
M±m	36,14±0,87	37,75±0,77	35,9±0,89	37,1±0,8
Max	41,36	42,29	40,71	41,53
Min	31,25	33,65	31,49	32,97

коррекция от -4,0 до -6,5 дптр, на 2-х глазах — смешанный астигматизм, 4 глаза не поддавались коррекции.

Количество радиальных насечек составило от 4 до 16, в среднем $9,8 \pm 1,46$, в двух случаях, кроме того, были тангенциальные рубцы. Показатели аксиальной длины глаза составили от 22,94 до 29,26 мм, в среднем $26,21 \pm 0,43$ мм. По данным кератотопографии нерегулярный астигматизм передней поверхности роговицы более 2 дптр наблюдался в 4 случаях (25%). Значения кератометрии (K1, K2) представлены в таблице 1.

Диаметр зоны измерения роговицы на Tomey OA 2000 составляет 2,5 мм, на Verion — 1,2 мм. Средние значения K1 и K2, полученные на Verion, меньше значений K1 и K2, полученных с помощью кератометра Tomey OA 2000, так как роговица чем ближе к центру, тем более плоская, но различия статистически незначимы, $p > 0,05$ (по t-критерию Стьюдента).

В первые трое суток после операции пациенты отмечали положительную динамику в виде заметного улучшения зрения вдаль. НКОЗ в среднем составила $0,49 \pm 0,07$, МКОЗ — $0,63 \pm 0,07$. Сферозэквивалент рефракции глаза составил от -0,75 дптр до +2,0 дптр, в среднем $0,27 \pm 0,2$ дптр.

В отдаленном периоде (6 мес. — 2 года) все пациенты были удовлетворены зрительными функциями. НКОЗ в среднем составила $0,56 \pm 0,06$, МКОЗ — $0,69 \pm 0,06$. Сферозэквивалент рефракции глаза составил от -2,0 дптр до +0,75 дптр, в среднем $-0,45 \pm 0,2$ дптр. НКОЗ 0,5 и выше показали 11 глаз (68,75%), 0,8 и выше — 3 глаза (18,75%), МКОЗ 0,5 и выше — в 15 глазах (93,75%), 0,8 и выше — в 6 глазах (37,5%).

Из 5 пациентов, у которых в раннем послеоперационном периоде мы наблюдали гиперметропию от +1,0 до +2,0, в отдаленные сроки наблюдения гиперметропия осталась только у двоих и составила +0,5 и +0,75 дптр. В четырех случаях расчета ИОЛ с поправкой в виде добавления 1,5 дптр, мы наблюдали послеоперационную миопию 1,5–2,0 дптр. В двух глазах наблюдалась миопическая рефракция в пределах 1 дптр (расчет производился без поправки). В одном глазу сохранился смешанный астигматизм, который был до операции, НКОЗ увеличилась с 0,2 до 0,4. В другом случае предоперационного смешанного астигматизма он перешел в сложный миопический, острота зрения составила 0,3, со сферической коррекцией — 0,5.

Выводы

1. Расчет оптической силы ИОЛ у пациентов после ПРК сопряжен с высоким риском послеоперационной рефракционной ошибки.

- У пациентов с ПРК в анамнезе высока вероятность получить некорректные данные кератометрии из-за нерегулярного профиля роговицы. Поэтому необходимо проводить это исследование несколько раз и на разных приборах.
- Целесообразно использовать несколько формул для расчета ИОЛ, отдавая предпочтение тем, в которых для прогнозирования ЕЛР не используются результаты кератометрии.
- Расчет оптической силы ИОЛ по формулам Hoffer-Q, HAIGIS, Barret TrueK дает высокие функциональные результаты без применения поправок.
- Гиперметропическая рефракция, которая возникает в раннем послеоперационном периоде, исчезает в отдаленные сроки после операции.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Титаренко Е.М., Шиловских О.В., Ульянов А.Н., Кремешков М.В. Особенности обследования и расчета ИОЛ на глазах после перенесенной ранее радиальной кератотомии // Современные технологии в офтальмологии. — 2015. — №4. — С. 104. [Titarenko EM, Shilovskikh OV, Ulyanov AN, Kremeshkov MV. Features of examination and calculation of IOL in the eyes after a previous radial keratotomy. Modern technologies in ophthalmology. 2015; 4: 104. (In Russ.)]
- Иошин И.Э. Интраокулярная коррекция афакии. — М.: Апрель, 2014. — 118 с.: ил. [Ioshin IE. Intraocular correction of aphakia. M.: April, 2014. 118 p. (In Russ.)]
- Иошин И.Э. Особенности фактоэмульсификации и расчета интраокулярных линз у пациентов после кераторефракционных операций. Часть 2 // Российский офтальмологический журнал. — 2021. — №14(4). — С. 118–25. [Ioshin I.E. Features of phacoemulsification and calculation of intraocular lenses in patients after keratorefractive surgeries. Part 2. Russian Ophthalmological Journal. 2021; 14(4): 118–25. (In Russ.)] doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-4-118-125.
- Иошин И.Э. Особенности фактоэмульсификации и расчета интраокулярных линз у пациентов после кераторефракционных операций. Часть 1 // Российский офтальмологический журнал. — 2021. — №14(2). — С. 55–8. [Ioshin I.E. Features of phacoemulsification and calculation of intraocular lenses in patients after keratorefractive surgeries. Part 1. Russian Ophthalmological Journal. 2021; 14(2): 55–8. (In Russ.)] doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-2-55-58.
- Касьянов А.А., Рыжкова Е.Г. Расчет оптической силы ИОЛ после радиальной кератотомии // Офтальмология. — 2022. — №19(2). — С. 325–333. [Kasyanov AA, Ryzhkova EG. Calculation of optical power of IOL after radial keratotomy. Ophthalmology. 2022; 19(2): 325–333. (In Russ.)] doi: 10.18008/1816-5095-2022-2-325-333.
- Агафонов С.Г. Оптимизация технологии фактоэмульсификации с имплантацией ИОЛ у пациентов после радиальной кератотомии: Дис. ... канд. мед. наук. 2019. [Agafonov S.G. Optimization of phacoemulsification technology with IOL implantation in patients after radial keratotomy. [dissertation] 2019. (In Russ.)]
- Богущ И.В. Комбинированный метод определения оптической силы интраокулярных линз после радиальной кератотомии. Бюллетень СО РАМН. №4(138). 2009. [Bogush IV. Combined method for determining the optical power of intraocular lenses after radial keratotomy. SB RAMS Bulletin. 4(138), 2009. (In Russ.)]
- Кузнецов И.В., Пасикова Н.В., Кузнецова В.И. Возможности кератометрической системы «Verion» по сравнению с традиционными кератометрами у пациентов после радиальной кератотомии // Практическая медицина. — 2018. — Т. 16. — №4. — С. 34–37. [Kuznetsov IV, Pasikova NV, Kuznetsova VI. The possibilities of the keratometric system «Verion» compared to traditional keratometers in patients after radial keratotomy. Practical medicine. 2018; 16(4): 34–37. (In Russ.)] doi: 1032000/2072-1757-2018-16-4-34-37.