

Расчет оптической силы ИОЛ с использованием программного обеспечения трассировки лучей OKULIX в реальной клинической практике

Н.Б. Першин^{1,2}Н.Ф. Пашинова^{1,2}А.Ю. Цыганков¹И.В. Косова¹¹ Офтальмологический центр «Эксимер»

ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация

² Академия последипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(1):61–68**Цель:** сравнительный анализ точности расчета оптической силы ИОЛ с использованием различных биометрических устройств.**Пациенты и методы.** В исследование вошли 30 пациентов (30 глаз) после монолатеральной имплантации различных моделей монофокальных и мультифокальных ИОЛ со средним сроком наблюдения $3,0 \pm 0,2$ (3–4) месяца, средний возраст составил $63,5 \pm 6,5$ (48–84) года. Во всех случаях имплантации ИОЛ предшествовала факоэмульсификация катаракты или удаление прозрачного хрусталика с рефракционной целью. Для всех пациентов расчет ИОЛ, данные аксиальной длины и кератометрии были получены с помощью устройств IOLMaster 500, Pentacam HR и Pentacam AXL+OKULIX. Были имплантированы ИОЛ Clareon, IQ Vivity, Hoya 250/251 и XY1-SP Vivinex. **Результаты.** Средняя оптическая сила для всех имплантируемых ИОЛ составила $+21,38 \pm 3,50$ дптр, диапазон значений — от +10,0 до +29,0 дптр, усредненные значения аксиальной длины глаза — $23,5 \pm 0,9$ мм (от 21,25 до 25,19). Целевая рефракция при расчете оптической силы ИОЛ с применением трех исследуемых биометрических систем достоверно не различалась и составила $-0,464 \pm 0,120$, $-0,502 \pm 0,140$ и $-0,400 \pm 0,110$ дптр для IOLMaster, Pentacam HR и Pentacam AXL+OKULIX соответственно ($p > 0,05$). Для Pentacam HR и Pentacam AXL+OKULIX отмечали несколько меньшие значения средней абсолютной ошибки (MAE), вместе с тем значимых различий при расчете оптической силы ИОЛ для трех используемых устройств не выявлено ($p > 0,05$). При сравнении между исследуемыми устройствами значимые различия получены для частоты попадания в рефракцию $\pm 0,5$ дптр при применении IOLMaster, с одной стороны, и Pentacam AXL+OKULIX — с другой ($p < 0,05$). Частоты попадания в рефракцию $\pm 1,0$ дптр при использовании биометрических устройств значимо не различались ($p > 0,05$). **Заключение.** В работе представлен первый в России опыт применения программного обеспечения трассировки лучей OKULIX в клинической практике для увеличения точности расчета оптической силы различных моделей ИОЛ. Показано преимущество применения Pentacam + OKULIX по сравнению с биометром IOLMaster 500 при достижении целевой рефракции $\pm 0,5$ дптр.**Ключевые слова:** катаракта, Pentacam, OKULIX, трассировка лучей, расчет ИОЛ, Clareon, Vivity, Vivinex**Для цитирования:** Першин Н.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Косова И.В. Расчет оптической силы ИОЛ с использованием программного обеспечения трассировки лучей OKULIX в реальной клинической практике. *Офтальмология*. 2023;20(1):61–68. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-61-68>**Прозрачность финансовой деятельности:** Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах**Конфликт интересов отсутствует**

Calculation of IOL Optical Power Using OKULIX Ray-Tracing Software in Real Clinical Practice

K.B. Pershin^{1,2}, N.F. Pashinova^{1,2}, A.Iu. Tsygankov¹, I.V. Kosova¹

¹“Eximer” eye center

Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russian Federation

²Academy of postgraduate education of The Federal Medical-Biological Agency
Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(1):61–68

Purpose. Comparative analysis of the accuracy of IOL optical power calculation using different biometric devices. **Patients and methods.** The study included 30 patients (30 eyes) after monolateral implantation of different monofocal and multifocal IOL models with a mean follow-up of 3.0 ± 0.2 (3–4) months. The mean age was 63.5 ± 6.5 (48–84) years. In all cases, IOL implantation was preceded by cataract phacoemulsification or refractive lensectomy. For all patients, IOL optic power, axial length and keratometry data were obtained using IOLMaster 500, Pentacam HR, and Pentacam AXL+OKULIX devices. Clareon, IQ Vivity, Hoya 250/251, and XY1-SP Vivinex IOLs were implanted. **Results.** The mean optical power for all implanted IOLs was $+21.38 \pm 3.50$ D, range of values was +10.0 to +29.0 D. The average values of axial eye length were 23.50 ± 0.90 mm (21.25 to 25.19 mm). The target refractive IOLs optic power calculated with the three biometric systems did not differ significantly and was -0.464 ± 0.120 D, -0.502 ± 0.140 D, and -0.400 ± 0.110 D for IOLMaster, Pentacam, and Pentacam+OKULIX, respectively ($p > 0.05$). The Pentacam HR and Pentacam AXL+OKULIX had slightly lower MAE values; however, no significant differences were found in calculating IOL optical power for the three devices used ($p > 0.05$). When comparing the devices under study, significant differences were found for the rate of refractive power within ± 0.5 D when using the IOLMaster on the one hand and OKULIX on the other ($p < 0.05$). The refractive error rate of ± 1.0 D using the biometric devices did not differ significantly ($p > 0.05$). **Conclusion.** This paper presents the first Russian experience of using OKULIX ray-tracing software in clinical practice to increase the accuracy of optical power calculation of various IOL models. The advantage of Pentacam AXL+OKULIX over the IOLMaster 500 biometer in achieving a target refraction of ± 0.5 D is shown.

Keywords: cataract, Pentacam, OKULIX, ray tracing, IOL calculation, Clareon, Vivity, Vivinex

For citation: Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Kosova I.V. Calculation of IOL Optical Power Using OKULIX Ray-Tracing Software in Real Clinical Practice. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(1):61–68. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-1-61-68>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

АКТУАЛЬНОСТЬ

Корректный расчет оптической силы интраокулярной линзы (ИОЛ) является важным фактором для достижения запланированной некорригированной остроты зрения вдаль и удовлетворенности пациента после операции по экстракции катаракты [1, 2].

В недавнем прошлом расчет оптической силы ИОЛ проводили с помощью аналитических формул, основанных на гауссовой оптике [3–5], представляющих собой уравнение, в котором функция синуса в законе Снелла аппроксимируется аргументом: $\sin(\alpha) \approx \alpha$ [6]. Гауссова оптика — так называемая параксиальная оптика или метод тонких линз, поскольку она действительна только для параксиальных лучей, в связи с этим ее можно рассматривать как условный аналог псевдофакичного глаза человека [7].

В 1980-х годах в основном использовали регрессионные формулы из-за их простоты, такие как Sanders, Retzlaff, Kraff (SRK) I и II. В 1990-х годах эти формулы были заменены более новыми — Haigis, Hoffer Q, SRK-T, Holladay 1, 2 и Olsen [8]. Большинство достижений в этих формулах нового поколения касалось улучшенных методов оценки эффективного положения линзы (ELP).

Несмотря на новые формулы и усовершенствованное оборудование и методы прецизионной хирургии, рефракционные ошибки даже после успешной операции

по удалению катаракты все еще оставались проблемой для офтальмохирурга, особенно в глазах с аномальной длиной оси (короткая или длинная ось) [9, 10], после ранее перенесенных рефракционных операций на роговице или при других видах патологии роговицы, таких как кератоконус [11–15].

Трассировка лучей (ray-tracing) — «золотой стандарт» в проектировании линз и оптических систем, который является простым и перспективным подходом в расчете оптической силы ИОЛ [7, 16]. Единственным методом, при котором ошибка прогнозирования может быть настолько мала, насколько это необходимо, является численная трассировка, при которой расчет не содержит никаких приближений [7]. Показано, что оптика псевдофакичного глаза может быть описана с помощью точного метода трассировки лучей [17].

OKULIX (Tomey Corporation) — программное обеспечение для численной трассировки лучей, разработанное в университете Майнца (Германия) и описанное P.R. Preussner и соавт. [7, 18], которое способно определить монохроматические оптические свойства псевдофакичного глаза [16]. При применении данного программного обеспечения оценивают одиночные световые лучи, ограниченные только размером зрачка. Лучи преломляются по-разному на разных поверхностях, на которых изменяется показатель преломления (стекловидное тело,

К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, И.В. Косова

хрусталик, водянистая влага и роговица). Форму поверхности в основном описывают центральными радиусами кривизны [7]. В программном обеспечении OKULIX также используются аксиальная длина, радиусы кривизны ИОЛ, центральная толщина ИОЛ, асферичность и показатель преломления, а также измерения топографии роговицы (передние/задние кератометрические значения роговицы и центральная толщина роговицы (CST)) для более точного расчета оптической силы ИОЛ.

Применение оптической когерентной томографии переднего отрезка (AS-OCT) позволяет измерить всю форму передней/задней поверхности роговицы с помощью света ближнего инфракрасного диапазона [19]. Показано, что данные топографии и CST, полученные с помощью AS-OCT, хорошо согласуются с данными пахиметрии [20]. Эти данные могут быть загружены в программное обеспечение OKULIX для расчета оптической силы ИОЛ.

Цель — сравнительный анализ точности расчета оптической силы ИОЛ с использованием различных биометрических устройств.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 30 пациентов (30 глаз) после монолатеральной имплантации различных моделей монофокальной и мультифокальной ИОЛ со средним сроком наблюдения $3,0 \pm 0,2$ (3–4) месяца. Исследование проведено в период с марта по сентябрь 2022 года. Женщины составили 63,3 % ($n = 19$), мужчины — 36,7 % ($n = 11$). Во всех случаях имплантации ИОЛ предшествовала факоэмульсификация катаракты или удаление прозрачного хрусталика с рефракционной целью. Средний возраст пациентов составил $63,5 \pm 6,5$ (48–84) года. Критерии исключения из исследования: аксиальная длина глаза более 26 и менее 21 мм, астигматизм до операции более 2,0 дптр, наличие кератоконуса, травмы глаза в анамнезе, другие хирургические вмешательства, включая рефракционные операции и трансплантацию роговицы. Из исследования также исключали случаи осложненной катаракты: помутнение задней капсулы хрусталика, авитрия, нарушения связочного аппарата хрусталика.

Всем пациентам проведено комплексное стандартное и специальное офтальмологическое обследование. Данные аксиальной длины и кератометрии были получены с помощью прибора IOLMaster 500 (Carl Zeiss Medec AG, Германия). Оптическую силу ИОЛ определяли с помощью формулы Barrett Universal II с использованием online-калькулятора с сайта Asia-Pacific Association of Cataract & Refractive Surgeons.



Рис. 1. Внешний вид биометра Oculus Pentacam AXL

Fig. 1. Oculus Pentacam AXL biometer appearance

Во всех случаях для расчета оптической силы ИОЛ также использовали старый (Pentacam HR, Oculus, Германия) и новый (Pentacam AXL, Oculus, Германия) оптические биометры (рис. 1–3) с программным обеспечением для трассировки лучей OKULIX (рис. 4).

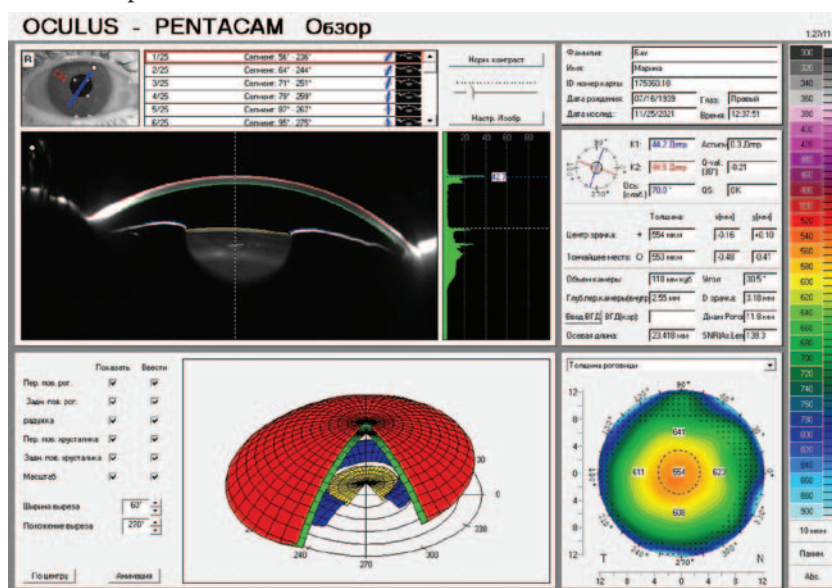


Рис. 2. Пример оптической биометрии с помощью Oculus Pentacam AXL

Fig. 2. Example of optical biometrics using Oculus Pentacam AXL

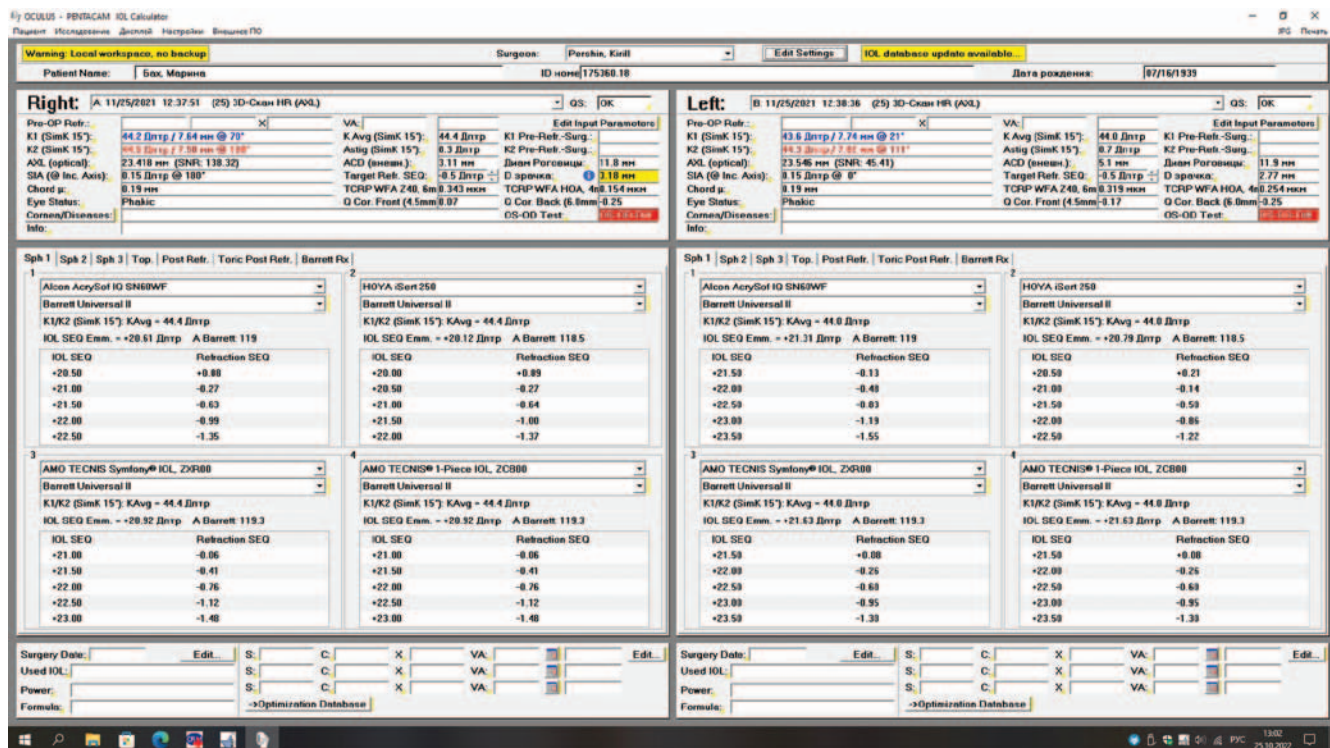


Рис. 3. Расчет имплантируемой ИОЛ с помощью Oculus Pentacam AXL

Fig. 3. Calculation of an implantable IOL using Oculus Pentacam AXL

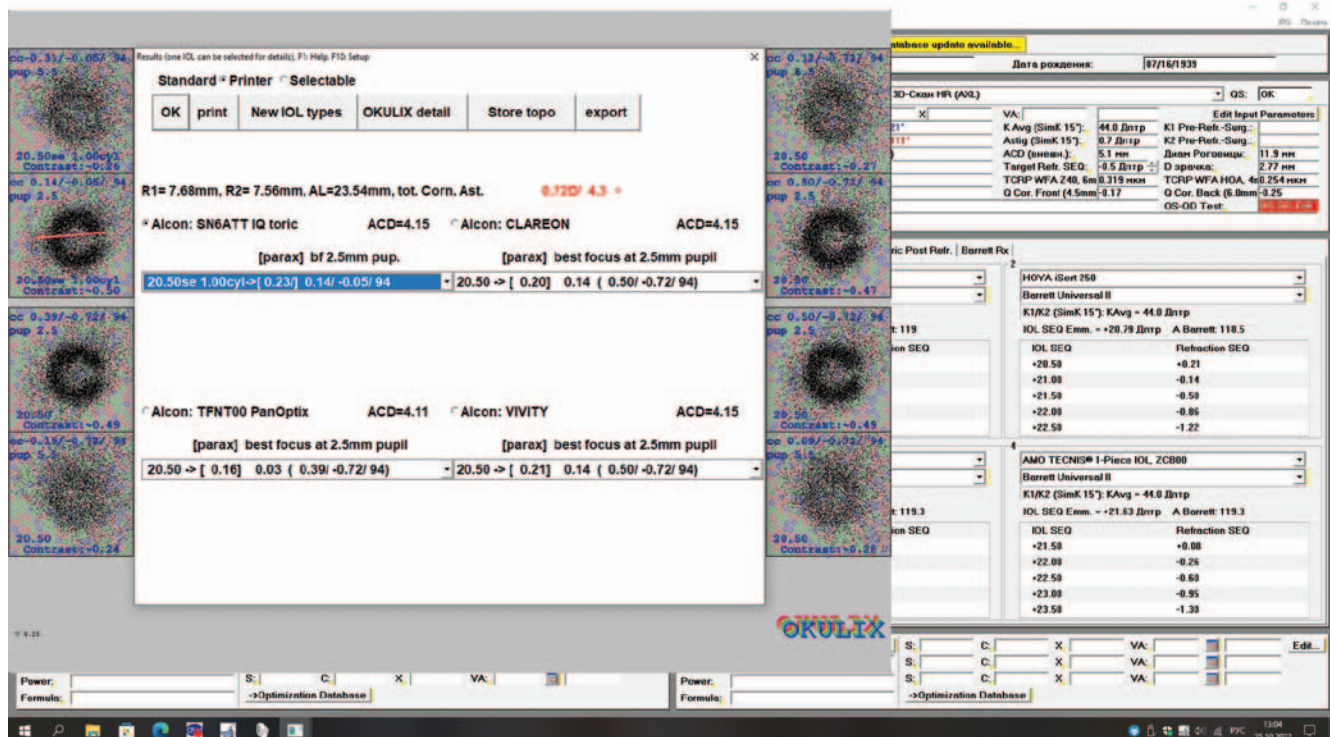


Рис. 4. Интерфейс программного обеспечения трассировки лучей OKULIX

Fig. 4. OKULIX ray tracing software interface

К преимуществам нового биометра Pentacam AXL относится наличие катарактального модуля: биометра и встроенного калькулятора ИОЛ, большая база данных

ИОЛ и возможности кастомизации А-констант, сверх-высокое качество данных (138 000 анализируемых точек), модуль подбора премиальных ИОЛ и возможность

Н.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, И.В. Косова

Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич, alextsygankov1986@yandex.ru

Расчет оптической силы ИОЛ с использованием программного обеспечения трассировки лучей...

Таблица 1. Средняя абсолютная ошибка рефракции при использовании трех биометрических устройств**Table 1.** Mean absolute refractive error for three biometric devices

	Alcon Clareon	Alcon IQ Vivity	Hoya 250/251	Hoya XY1-SP Vivinex	Уровень значимости (p) / p-value
IOLMaster 500	0,47 ± 0,08	0,41 ± 0,09	0,42 ± 0,05	0,38 ± 0,06	>0,05
Pentacam HR	0,46 ± 0,06	0,41 ± 0,07	0,39 ± 0,05	0,40 ± 0,04	>0,05
Pentacam AXL+OKULIX	0,41 ± 0,04	0,36 ± 0,05	0,36 ± 0,04	0,31 ± 0,04	>0,05
Уровень значимости (p) / p-value	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	

выполнения количественной денситометрии хрусталика. Для расчета на биометре Pentacam HR аксиальную длину определяли с помощью биометра Lenstar LS 900 (Haag-Streit, Швейцария). Передние и задние топографические и роговичные данные пахиметрии были импортированы в OKULIX. Прогнозируемая послеоперационная рефракция выбрана с целью наилучшей фокусировки для диаметра зрачка по умолчанию 2,5 мм. Оптически измеренную аксиальную длину глаза вводили в программное обеспечение OKULIX с прибора Pentacam AXL. Целевую рефракцию планировали на эметропию за исключением пациентов с миопией высокой степени, которым планировали миопию слабой степени (до -1,5 дптр).

Оперативное вмешательство (факоэмульсификация катаракты или удаление прозрачного хрусталика) проводили по стандартной методике на приборе Stellaris Elite (Bausch and Lomb, США) под капельной анестезией. Во всех случаях использовали роговичный разрез 1,8 мм. Имплантировали следующие ИОЛ: Clareon ($n = 19$), IQ Vivity ($n = 6$) (обе — Alcon, США), Hoya 250/251 ($n = 3$) и XY1-SP Vivinex ($n = 2$) (обе — Hoya, Япония).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с использованием приложения Microsoft Excel 2010 и статистической программы Statistica 10.1 (StatSoft, США). Проведен расчет среднего арифметического значения (M), стандартного отклонения от среднего арифметического значения (SD), минимальных (min) и максимальных (max) значений. Для оценки достоверности полученных результатов при сравнении средних показателей использовался t -критерий Стьюдента. При сравнении частот встречаемости признака использовался точный критерий Фишера. Различия между выборками считали достоверными при $p < 0,05$, доверительный интервал 95 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средняя оптическая сила для всех имплантируемых ИОЛ составила $+21,38 \pm 3,50$ дптр, диапазон значений — от +10,0 до +29,0 дптр, усредненные значения аксиальной длины глаза — $23,5 \pm 0,9$ мм (от 21,25 до 25,19 мм). Показатели достоверно не различались при оценке различных моделей ИОЛ ($p > 0,05$).

Целевая рефракция при расчете оптической силы ИОЛ с применением трех исследуемых биометрических систем достоверно не различалась и составила $-0,464 \pm 0,120$, $-0,502 \pm 0,140$ и $-0,400 \pm 0,110$ дптр для IOLMaster, Pentacam HR и Pentacam AXL+OKULIX соответственно

($p > 0,05$). MAE, соответствующая разнице между целевой и фактической рефракцией при биометрии с помощью различных устройств, представлена в таблице 1.

Для Pentacam HR и Pentacam AXL+OKULIX отмечали несколько меньшие значения MAE, вместе с тем значимых различий при расчете оптической силы ИОЛ для трех используемых устройств не выявлено ($p > 0,05$).

Процент глаз с попаданием в диапазон $\pm 0,5$ и $\pm 1,0$ дптр представлен в таблице 2.

При сравнении между исследуемыми устройствами значимые различия получены для частоты попадания в рефракцию $\pm 0,5$ дптр при применении IOLMaster, с одной стороны, и Pentacam AXL+OKULIX — с другой ($p < 0,05$). Частота попадания в рефракцию $\pm 1,0$ дптр при использовании биометрических устройств значимо не различалась ($p > 0,05$).

В катарактальной хирургии доступно два основных метода расчета оптической силы ИОЛ: формула для тонких линз (thin-lens formula) и более новый метод — расчеты на основе трассировки лучей [16]. Метод трассировки лучей рассматривает исходную толстую линзу как двояковыпуклую.

В более сложном и точном подходе индивидуальной трассировки лучей учитываются не только радиусы поверхностей, показатели преломления, данные о толщине оптического пути линзы, но и подробная передняя/задняя топография и пахиметрические данные, а также физические свойства желаемой ИОЛ, которые импортируются и учитываются при расчетах [16].

Описаны несколько преимуществ точного метода трассировки лучей при расчете мощности ИОЛ по сравнению с обычными формулами. Во-первых, метод трассировки лучей использует точный закон Снелла, который не допускает никаких предположений при расчете

Таблица 2. Процент случаев попадания в целевую рефракцию при использовании трех биометрических устройств**Table 2.** Percentage of cases achieving the target refraction when using the three biometric devices

	$\pm 0,5$ дптр / D	$\pm 1,0$ дптр / D
IOLMaster 500	70,0	96,7
Pentacam HR	86,7	93,3
Pentacam AXL+OKULIX	93,3	96,7
Уровень значимости (p) / p-value	0,02*	>0,05

Примечание: * — при сравнении между IOLMaster и Pentacam AXL+OKULIX.
Note: * when compared between IOLMaster and Pentacam AXL+OKULIX.

ИОЛ [16]. Таким образом, его использование может обеспечить реальное моделирование человеческого глаза [7, 21]. Во-вторых, расчет трассировки лучей с использованием топографии роговицы может быть более точным при расчете ее оптической силы, поскольку более подробные данные о поверхности роговицы импортируются в программное обеспечение для трассировки лучей [21]. В-третьих, точность расчета оптической силы ИОЛ на основе трассировки лучей в нормальных глазах с катарактой не зависит от асферичности роговицы [22].

Программный пакет OKULIX включает подборку наиболее часто имплантируемых ИОЛ. Для расчета в этой программе ИОЛ физически характеризуется радиусом кривизны, показателем преломления, асферичностью и центральной толщиной, что делает расчет более точным, чем при использовании обычных формул [23]. Как и при других формулах, программа OKULIX для трассировки лучей требует оценки расстояния, на котором основная плоскость ИОЛ будет располагаться за роговицей после операции (известно как расчетное положение линзы, или ELP). Для более точной оценки ELP программное обеспечение OKULIX использует алгоритм, который содержит осевую длину, параметры ИОЛ и средние значения глубины передней камеры после операции для типа ИОЛ, извлеченные из формулы А-константы SRK-T [24]. Если положение и толщина хрусталика известны из измерений, эти данные могут быть использованы в OKULIX для дальнейшего повышения точности ELP.

В работу R. Ghaffari и соавт. включены 188 глаз 180 пациентов. Для сбора биометрических данных использовался оптический биометр OA-2000. Для каждого пациента была определена прогнозируемая послеоперационная рефракция на основе формул тонких линз, включая формулы SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 и Haigis, и метода трассировки лучей с использованием программного обеспечения OKULIX. Для сравнения точности подходов были определены ошибка прогнозирования и абсолютная ошибка прогнозирования. Средняя аксиальная длина (AL) составила 23,66 мм (диапазон: 19–35). В подгрупповом анализе, основанном на AL, во всех диапазонах AL применение метода трассировки лучей было ассоциировано с наименьшей средней абсолютной ошибкой (0,56), наименьшим стандартным отклонением (SD; 0,55), наибольшей долей пациентов в пределах 1 дптр от прогнозируемой рефракции (87,43 %) и наименьшей абсолютной ошибкой прогнозирования по сравнению с другими формулами (кроме SRK/T) в диапазоне AL от 22 до 24 мм (все $p < 0,05$). Кроме того, формулы OKULIX и Haigis имели наименьший разброс (вариабельность) в ошибке прогнозирования в различных диапазонах AL [25]. В нашей работе использовали только формулу Barrett Universal II при измерении параметров тремя биометрическими системами, при этом показано преимущество Pentacam AXL+OKULIX над IOLMaster 500 относительно частоты

достижения целевой рефракции в пределах 0,5 дптр от прогнозируемой.

В работу K.M. Nabil включено 25 глаз с длиной оси ≥ 30 мм (25 пациентов, 13 мужчин и 12 женщин, возраст $57,6 \pm 10,3$ года), которым была проведена факоэмульсификация и имплантация «минусовой» ИОЛ. Измерение осевой длины и топографии роговицы проводили с помощью оптического биометра OA-1000 и системы топографического моделирования TMS-5 соответственно. Мощность ИОЛ рассчитывали с помощью формулы SRK/T и программы трассировки лучей OKULIX. Мощность имплантируемой ИОЛ была выбрана на основе расчета программного обеспечения OKULIX для трассировки лучей с целью достижения миопии -2,0 дптр. Автором получены значимые различия между оптической силой ИОЛ, рассчитанной по формуле SRK/T ($-6,3 \pm 2,8$ дптр), по сравнению с OKULIX ($-4,7 \pm 2,6$ дптр), $p < 0,001$. Ожидаемая рефракция с имплантированной ИОЛ составляла $-1,7 \pm 0,9$ дптр на основании расчета программного обеспечения OKULIX. Показана статистически значимая разница между имплантированной ИОЛ и рассчитанной в OKULIX оптической силой ИОЛ ($2,7 \pm 1,4$ дптр), $p < 0,001$. Автором показана статистически значимая разница между ожидаемой рефракцией с имплантированной ИОЛ и достигнутой сферической рефракцией через 1 месяц после операции ($1,4 \pm 0,7$ дптр), $p < 0,001$ [26]. В нашей работе из 30 глаз в 4-х была отмечена миопия высокой степени, при этом при использовании программного обеспечения OKULIX сдвига в сторону гиперметропии мы не наблюдали.

В статье M. Ghoreyshy и соавт. описаны 104 глаза 104 пациентов с катарактой, которым была проведена факоэмульсификация и имплантация ИОЛ. Были использованы ИОЛ трех марок, и для всех глаз расчет оптической силы ИОЛ проводился с использованием формул SRK-T, Hoffer Q, а также программного обеспечения для трассировки лучей OKULIX. Для всех пациентов данные аксиальной длины и кератометрии были получены с помощью прибора IOLMaster 500, а оптическую силу ИОЛ рассчитывали по формулам Hoffer Q и SRK-T, а также с помощью программного обеспечения OKULIX для трассировки лучей в сочетании с CASIA AS-OCT и прибором IOLMaster 500. Эффективность каждого метода расчета измеряли путем вычитания целевой послеоперационной рефракции из фактической рефракции сферического эквивалента (MRSE).

Средняя абсолютная ошибка прогнозирования по формулам OKULIX, SRK-T и Hoffer Q составила $0,42 (\pm 0,03)$, $0,36 (\pm 0,02)$ и $0,37 (\pm 0,02)$ соответственно. Средняя абсолютная ошибка прогнозирования по OKULIX не имела существенных различий между тремя группами ИОЛ ($P = 0,96$), что подтверждено отсутствием значимой статистической разницы в средней абсолютной ошибке прогнозирования между формулами OKULIX, SRK-T и Hoffer Q ($p = 0,25$). В каждой группе имплантированных ИОЛ все три формулы

работали с одинаковой точностью. Ошибка прогнозирования по формуле OKULIX была в пределах $\pm 0,5$ дптр в 63,5 % глаз и в пределах $\pm 1,0$ дптр в 94,2 % глаз [27]. В нашей работе получены схожие данные, за исключением значимо более частого попадания в целевую рефракцию $\pm 0,5$ дптр при использовании Pentacam AXL+OKULIX.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлен первый в России опыт применения программного обеспечения трассировки лучей

OKULIX в клинической практике для увеличения точности расчета оптической силы различных моделей ИОЛ. Показано преимущество применения биометра Pentacam AXL+OKULIX по сравнению с биометром IOLMaster 500 при достижении целевой рефракции $\pm 0,5$ дптр.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Першин К.Б. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;
Пашинова Н.Ф. — концепция и дизайн исследования, редактирование;
Цыганков А. Ю. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста;
Косова И.В. — сбор и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Коновалова М.М., Цыганков А.Ю., Коновалов М.Е. Особенности расчета оптической силы новой моноблочной асферической дифракционной трифокальной интраокулярной линзы. *Российский медицинский журнал. Клиническая офтальмология*. 2019;19(3):171–174. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Kononova M.M., Tsygankov A.Yu., Kononov M.E. Power calculation of novel single-piece aspheric diffractive trifocal intraocular lens. *Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology = Rossyskiy medicinskiy zhurnal. Klinicheskaya oftalmologiya*. 2019;19(3):171–174 (In Russ.)]. DOI: 10.32364/2311-7729-2019-19-3-171-174
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Антонов Е.А. Расчет оптической силы интраокулярной линзы с увеличенной глубиной фокуса. *The EYE ГЛАЗ*. 2022;24(2):25–31. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Antonov E.A. Calculation of intraocular lens optical power with enhanced depth of focus. *The EYE GLAZ*. 2022;24(2):25–31 (In Russ.)]. DOI: 10.33791/2222-4408-2022-2-25-31
- Frings A., Hold V., Steinwender G., El-Shabrawi Y., Ardjomand N. Use of true net power in intraocular lens power calculations in eyes with prior myopic laser refractive surgery. *Int Ophthalmol*. 2014;34(5):1091–1096. DOI: 10.1007/s10792-014-9916-x
- Haigis W. Challenges and approaches in modern biometry and IOL calculation. *Saudi J Ophthalmol*. 2012;26(1):7–12. DOI: 10.1016/j.sjopt.2011.11.007
- Camps V.J., Piñero D.P., de Fez D., Mateo V. Minimizing the IOL power error induced by keratometric power. *Optom Vis Sci*. 2013;90(7):639–649. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3182972f50
- Einigamhamer J., Oltrup T., Bende T., Jean B. Calculating intraocular lens geometry by real ray tracing. *J Refract Surg*. 2007;23(4):393–404. DOI: 10.3928/1081-597X-20070401-12
- Preussner P.R., Wahl J., Lahdo H., Dick B., Findl O. Ray tracing for intraocular lens calculation. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(8):1412–1419. DOI: 10.1016/s0886-3350(01)01346-3
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Легких С.Л., Лих И.А. Биометрия при расчете оптической силы ИОЛ как фактор успешной хирургии катаракты. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2016;16(2):15–22. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Legkih S.L., Lih I.A. Biometry in IOL power calculations as a factor of successive cataract surgery. *Cataract and refractive surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya*. 2016;16(2):15–22 (In Russ.)].
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Легких С.Л., Афаунова З.Х. Лазерная парциальная когерентная биометрия и иммерсионное ультразвуковое исследование при расчете оптической силы ИОЛ у пациентов с миопией. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2017;17(1):10–16. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Legkih S.L., Afaunova Z.Kh. Partial coherence laser interferometry and immersion ultrasonography for IOL power calculations in myopia. *Cataract and refractive surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya*. 2017;17(1):10–16 (In Russ.)].
- Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Лих И.А., Цыганков А.Ю., Легких С.Л. Особенности расчета оптической силы интраокулярных линз на экстремально коротких глазах. *Офтальмология*. 2022;19(1):91–97. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Likh I.A., Tsygankov A.Yu., Legkih S.L. Intraocular Lenses Optic Power Calculation in Extremely Short Eyes. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2022;19(1):91–97 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2022-1-91-97
- Гусев Ю.А., Беликова Е.И., Третьяк Е.Б., Жежелева Л.В. Современные подходы к интраокулярной коррекции послеоперационной афакии у пациентов после кераторефракционных операций. *Офтальмология*. 2015;12(3):12–21. [Gusev Yu.A., Belikova E.I., Tret'yak E.B., Zhezheleva L.V. Current approaches to the intraocular correction of postoperative aphakia after corneal refractive surgery (a review). *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2015;12(3):12–21 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2015-3-12-21
- Abulafia A., Hill W.E., Wang L., Reitblat O., Koch D.D. Intraocular Lens Power Calculation in Eyes After Laser In Situ Keratomileusis or Photorefractive Keratectomy for Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017;6(4):332–338. DOI: 10.22608/APO.2017187
- Yaguchi Y., Negishi K., Saiki M., Torii H., Tsubota K. Comparison of the accuracy of intraocular lens power calculations for cataract surgery in eyes after phototherapeutic keratectomy. *Jpn J Ophthalmol*. 2016;60(5):365–372. DOI: 10.1007/s10384-016-0452-2
- Rabsilber T.M., Reuland A.J., Holzer M.P., Auffarth G.U. Intraocular lens power calculation using ray tracing following excimer laser surgery. *Eye (Lond)*. 2007;21(6):697–701. DOI: 10.1038/sj.eye.6702300
- Gjerdum B., Gundersen K.G., Lundmark P.O., Aakre B.M. Refractive Precision of Ray Tracing IOL Calculations Based on OCT Data versus Traditional IOL Calculation Formulas Based on Reflectometry in Patients with a History of Laser Vision Correction for Myopia. *Clin Ophthalmol*. 2021;15:845–857. DOI: 10.2147/OPHTH.S298007
- Jin H., Rabsilber T., Ehmer A. Comparison of ray-tracing method and thin-lens formula in intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(4):650–662. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.12.015
- Olsen T., Funding M. Ray-tracing analysis of intraocular lens power in situ. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:641–647. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.10.035
- Preussner P.R., Wahl J., Lahdo H., Findl O. Consistent IOL-calculation. *Ophthalmology*. 2001;98:300–304. DOI: 10.1007/s003470170166
- Salim S. The role of anterior segment optical coherence tomography in glaucoma. *J Ophthalmol*. 2012;ID 476801:1–9. DOI: 10.1155/2012/476801
- Nakagawa T., Maeda N., Higashiura R., Hori Y., Inoue T., Nishida K. Corneal topographic analysis in patients with kerato-conus using 3-dimensional anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1871–1878. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.05.027
- Preussner P.R., Wahl J., Weitzel D. Topography-based intraocular lens power selection. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:525–533. DOI: 10.1016/j.jcrs.2004.09.016
- Mine K., Otani S., Mori Y., Kagaya F., Honbou M., Minami K., Miyata K. [Comparison of intraocular lens power calculation OKULIX using topographic data and ray tracing method with the SRK/T formula] *Atarashii Ganka*. 2011;28(1):131–134. [Japanese]
- Hoffmann P.C., Wahl J., Hütz W.W., Preußner P.R. A ray tracing approach to calculate toric intraocular lenses. *J Refract Surg*. 2013;29(6):402–408. DOI: 10.3928/1081597X-20130515-04
- Preussner P.R., Hoffmann P., Petermeier K. Comparison between ray tracing and 3rd-generation IOL calculation formulae. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2009;226(2):83–89. DOI: 10.1055/s-2008-1027966
- Ghaffari R., Abdi P., Moghaddasi A., Heidarzadeh S., Ghahvhechian H., Kasiri M. Ray Tracing versus Thin-Lens Formulas for IOL Power Calculation Using Swept-Source Optical Coherence Tomography Biometry. *J Ophthalmic Vis Res*. 2022;17(2):176–185. DOI: 10.18502/jovr.v17i2.10788
- Nabil K.M. Accuracy of minus power intraocular lens calculation using OKULIX ray tracing software. *Int Ophthalmol*. 2019;39(8):1803–1808. DOI: 10.1007/s10792-018-1007-y
- Ghoreyshi M., Khalilian A., Peyman M., Mohammadinia M., Peyman A. Comparison of OKULIX ray-tracing software with SRK-T and Hoffer-Q formula in intraocular lens power calculation. *J Curr Ophthalmol*. 2017;30(1):63–67. DOI: 10.1016/j.joco.2017.06.008

Pentacam® AXL –

диагностика для катарактальной операции без рефракционных сюрпризов

- ▲ Томограф-топограф
- ▲ Биометр
- ▲ Аберрометр
- ▲ Калькулятор ИОЛ

Cataract Pre-op отчет

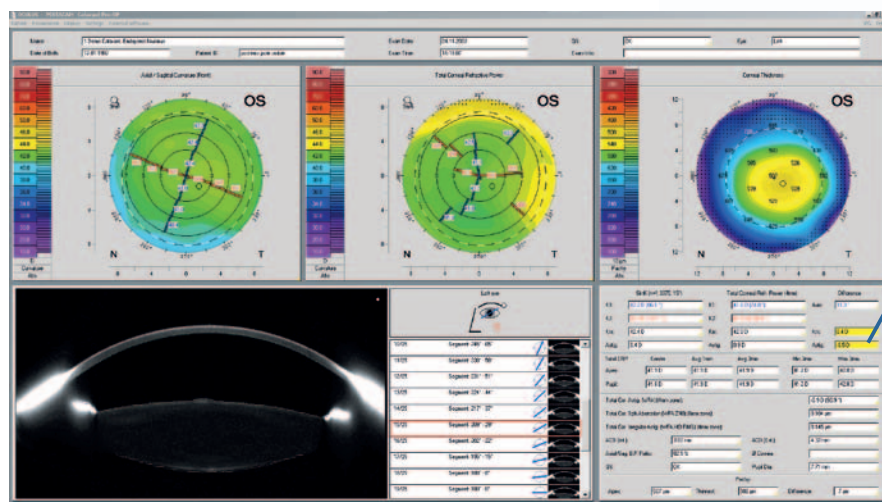
Выбор премиальной ИОЛ в 4 шага.

Клинически выверенные пороговые значения для линз:

- мультифокальной;
- безабберационной;
- торической

Числовая аргументация эффекта ИОЛ с отрицательной сферической компонентой.

Результат: минимизация рефракционных сюрпризов!



Большое влияние задней поверхности для расчета торической ИОЛ по стандартным методам



Расчет торической линзы в калькуляторе ИОЛ Pentacam по формуле Savini, разработанной специально для карты TCRP, учитывающей заднюю поверхность и все аберрации

Калькулятор ИОЛ

Стандартные формулы:

- SRK/T
- Holladay
- Hoffer Q
- Haigis
- Barrett Universal II
- Olsen formula

Post-op формулы:

- PotvinShammasHill, после миоп. LASIK
- PotvinHill, после PK
- Barret True K
- double-K formulas (Holladay, Hoffer Q, SRK/T)

Для торических ИОЛ:

- Savini Toric
- Barret Toric estimated PCA
- Barret Toric measured PCA
- Olsen formula

Интеграция с OKULIX

Barret Rx для:

- замены ИОЛ
- доворота торической ИОЛ
- Piggy Back ИОЛ

! С расчетом индуцированного астигматизма



+7 (495) 780 92 55
info@r-optics.ru
R-OPTICS.RU

ООО «Эр Оптикс» –
авторизованный дистрибьютор
компании OCULUS Optikgeräte GmbH