

Особенности расчета оптической силы интраокулярных линз на экстремально коротких глазах

К.Б. Першин^{1,2}Н.Ф. Пашинова^{1,2}И.А. Лих³А.Ю. Цыганков¹
С.Л. Легких¹

¹ 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

³ Офтальмологический центр «Эксимер»
ул. Семьи Шамшиных, 58, г. Новосибирск, 630005, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2022;19(1):91–97

Цель: выбор оптимальной формулы для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20 мм. **Пациенты и методы.** В дизайне проспективного исследования обследованы 78 пациентов (118 глаз). В опытную группу (I) вошли 30 пациентов (52 глаза) с экстремально короткими глазами (средняя аксиальная длина глаза $18,54 \pm 0,00$ мм ($19,60 \pm 0,42$), группу сравнения (II) составили 48 пациентов (66 глаз) с нормальной аксиальной длиной $22,00 \pm 0,77$ ($22,75 \pm 0,46$) мм. Всем пациентам имплантировали различные модели монофокальной ИОЛ. Средний период наблюдения составил 13 месяцев. Расчет оптической силы ИОЛ проводили по формуле SRK/T, ретроспективное сравнение — по формулам Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis, Barrett Universal II и Kane. **Результаты.** В группе I максимальная средняя погрешность оценки определена для формулы Haigis ($0,88 \pm 0,35$), далее для формул Olsen, Barrett Universal II, Kane, SRK/T, Holladay 2 и Hoffer-Q ($0,51 \pm 0,12$, $0,16 \pm 0,38$, $0,13 \pm 0,28$, $0,10 \pm 0,59$, $0,05 \pm 0,54$ и $-0,12 \pm 0,42$ соответственно). Схожие данные получены и для средней абсолютной погрешности — для формул Haigis, Olsen, Barrett Universal II, SRK/T, Holladay 2, Hoffer-Q и Kane: $0,85 \pm 0,31$, $0,78 \pm 0,25$, $0,21 \pm 0,10$, $0,79 \pm 0,23$, $0,73 \pm 0,24$, $0,19 \pm 0,08$ и $0,17 \pm 0,06$ соответственно. При сравнении формул значимые различия выявлены для формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane в сравнении с формулами Haigis, Olsen, SRK/T и Holladay II ($p < 0,05$) во всех случаях, что свидетельствует о преимуществе указанных формул для группы пациентов с экстремально короткими глазами. В группе II значимых различий между исследуемыми формулами не выявлено ($p > 0,05$). **Заключение.** В настоящей работе представлен анализ собственных данных об эффективности шести формул для расчета оптической силы ИОЛ на экстремально коротких глазах (менее 20 мм) в сравнении с глазами с нормальной аксиальной длиной. Показано преимущество формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane по сравнению с Haigis, Holladay 2, Olsen и SRK/T. Для определения точных показаний к использованию данных формул необходимы дальнейшие исследования с учетом глубины передней камеры и меньшей степени гиперметропии.

Ключевые слова: катаракта, гиперметропия, короткие глаза, расчет оптической силы ИОЛ

Для цитирования: 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. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-1-91-97>

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует



Intraocular Lenses Optic Power Calculation in Extremely Short Eyes

H.B. Pershin^{1,2}, N.F. Pashinova^{1,2}, I.A. Likh², A.Yu. Tsygankov¹, S.L. Legkikh¹

¹ "Eximer" Eye Center

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

² Academy of Postgraduate Education of the Federal Medical-Biological Agency

Vokolamskoe highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

³ "Eximer" Eye Center

Family Shamshinikh str., 58, Novosibirsk, 630005, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2022;19(1):91–97

Purpose: to choose the optimal formula for calculating the IOL optical power in patients with an axial eye length of less than 20 mm. **Patients and methods.** A total of 78 patients (118 eyes) were included in the prospective study. Group I included 30 patients (52 eyes) with extremely short eyes (average axial eye length of 19.60 ± 0.42 (18.54–20.00) mm), group II consisted of 48 patients (66 eyes) with a normal axial length 22.75 ± 0.46 (22.00–23.77) mm with implantation of various monofocal IOL models. The average follow-up period was 13 months. IOL optical power was calculated using the SRH / T formula, retrospective comparison — according to the formulas Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis and Barrett Universal II. **Results.** In group I, the maximum average estimation error was determined for the formula Haigis (0.88 ± 0.35), then for the formula Olsen, Barrett Universal II, Hane, SRH / T, Holladay 2 and Hoffer-Q (0.51 ± 0.12 , 0.16 ± 0.38 , 0.13 ± 0.28 , 0.10 ± 0.59 , 0.05 ± 0.54 and -0.12 ± 0.42 , respectively). Similar data were obtained for the average absolute error — for the formulas Haigis, Olsen, Barrett Universal II, SRH / T, Holladay 2, Hoffer-Q and Hane, it was 0.85 ± 0.31 , 0.78 ± 0.25 , 0.21 ± 0.10 , 0.79 ± 0.23 , 0.73 ± 0.24 , 0.19 ± 0.08 and 0.17 ± 0.06 , respectively. When comparing the formulas, significant differences were found for the formulas Hoffer-Q, Barrett Universal II and Hane in comparison with the formulas Haigis, Olsen, SRH / T and Holladay II ($p < 0.05$) in all cases, respectively, which indicates the advantage of these formulas for the group patients with extremely short eyes. In group II, there were no significant differences between the studied formulas ($p > 0.05$). **Conclusion.** This paper presents an analysis of our own data on the effectiveness of six formulas for calculating the IOL optical power in extremely short (less than 20 mm) eyes in comparison with the normal axial length. The advantage of the Hoffer-Q, Barrett Universal II and Hane formulas over Haigis, Holladay 2, Olsen, and SRH / T is shown. To determine the exact indications for using these formulas, further studies are necessary taking into account the anterior chamber depth and a lesser degree of hyperopia.

Keywords: cataract, hypermetropia, short eyes, calculation of the IOL optical power

For citation: Pershin H.B., Pashinova N.F., Likh I.A., Tsygankov A.Yu., Legkikh S.L. Intraocular Lenses Optic Power Calculation in Extremely Short Eyes. *Ophthalmology in Russia*. 2022;19(1):91–97. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-1-91-97>

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

There is no conflict of interests

АКТУАЛЬНОСТЬ

В последние годы в связи с прогрессом, касающимся хирургической техники, инструментов и дизайна интраокулярных линз (ИОЛ), значительно увеличилось ожидание пациентов от результатов хирургии катаракты, как и после рефракционных вмешательств. На послеоперационную остроту зрения влияет целый ряд факторов, включая наличие сопутствующей патологии у пациентов, опыт хирурга, выбор модели ИОЛ и др. К наиболее важным факторам относят выбор модели и расчет оптической силы ИОЛ, ассоциированной в случае неуспеха с недовольством пациентом проведенным лечением [1, 2].

При наличии «коротких» глаз с аксиальной длиной менее 22 мм имеющиеся в арсенале формулы для расчета оптической силы ИОЛ менее точны, чем для глаз с нормальными размерами, что представляет значительную сложность для хирурга [3–7]. После внедрения С.Н. Федоровым и соавт. первой формулы для расчета оптической силы ИОЛ в 1967 году в данном направлении достигнут значительный прогресс [8]. При использовании формулы первого поколения принимали

во внимание лишь одну константу, при этом показана возможность достижения рефракционной ошибки в 10 и более дптр. Более распространенные формулы третьего поколения (SRK/T, Holladay 1 и Hoffer-Q) включали значения как кривизны роговицы, так и аксиальной длины, основываясь на оптических принципах тонкой линзы. Хирурги использовали «свои» методы уменьшения таких ошибок. Например, при расчете по формуле SRK-2 к рассчитанной силе ИОЛ прибавляли степень гиперметропии оперируемого глаза или прибавляли по 1 дптр на каждые 0,5 мм при аксиальной длине менее 22 мм. С появлением формул третьего поколения (SRK-T и др.) результаты при коротких глазах стали значительно лучше, однако остались не сопоставимыми для глаз с нормальной аксиальной длиной, и хирурги закладывали при расчетах на тем большую миопическую целевую рефракцию, чем короче был глаз [3–7]. При разработке формул четвертого поколения (Holladay 2, Haigis и Olsen) учитывали и другие параметры для улучшения точности прогнозирования послеоперационной глубины передней камеры. Например, формула Holladay 2 учитывает аксиальную длину, данные кератометрии,

Н.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, И.А. Лих, А.Ю. Цыганков, С.Л. Легких

Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsygankov1986@yandex.ru

глубину передней камеры в предоперационном периоде, толщину линзы, диаметр роговицы, возраст пациента и предоперационную рефракцию [9].

Несмотря на то что более ранние исследования показали наибольшую эффективность формулы Holladay 2 [9, 10], в других работах статистически значимых различий в точности расчета оптической силы ИОЛ между формулами Haigis, Holladay 2, Hoffer Q, Holladay 1, SRK/T и SRK II для пациентов с короткими глазами не выявлено [11–14]. Отличия показаны лишь в небольшом количестве работ. Согласно данным R.E. MacLaren и соавт. и M. Moschos и соавт. формула Haigis обладает преимуществом по сравнению с Hoffer-Q. [15, 16]. В работах A.C. Day и соавт. и E.A. Gavin и соавт. представлены данные о меньшей абсолютной погрешности (MAE) при применении формулы Hoffer-Q по сравнению с SRK/T [17, 18]. Сопоставимая эффективность показана и для формул Olsen и Barrett Universal II, однако количество сравнительных работ с учетом данных формул ограничено и данные требуют существенной корректировки [19]. Большого внимания требуют пациенты с так называемым ультракоротким глазом (аксиальная длина менее 20 мм).

Цель исследования — выбор оптимальной формулы для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20 мм.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В дизайне проспективного исследования обследованы 78 пациентов (118 глаз). В опытную группу (I) вошли 30 пациентов (52 глаза) с короткой переднезадней осью (средняя аксиальная длина глаза $19,60 \pm 0,42$ (18,54–20,00 мм), которым была проведена фактоэмульсификация катаракты или рефракционная лenseктомия с имплантацией ИОЛ в офтальмологических клиниках «Эксимер». Женщины составили 56,7 % ($n = 17$), мужчины 43,3 % ($n = 13$), средний возраст — $58,9 \pm 13,8$ (27–80) года.

Группу сравнения (II) составили 48 пациентов (66 глаз) с аксиальной длиной $22,75 \pm 0,46$ (22,0–23,77) мм и имплантацией различных моделей ИОЛ, женщины — 60,4 % ($n = 29$), мужчины — 39,6 % ($n = 19$), возраст от 33 до 84 лет ($68,6 \pm 9,7$ года).

Всем пациентам проведено комплексное стандартное и специальное офтальмологическое обследование.

Клинико-функциональные параметры пациентов двух групп представлены в таблице 1. Статистически значимых различий между группами в дооперационном периоде не выявлено, за исключением аксиальной длины глазного яблока и сферического компонента рефракции (7,5 дптр в группе I против –0,4 дптр в группе II, $p < 0,05$).

Операцию фактоэмульсификации проводили с использованием микрохирургических систем Stellaris (Bausch and Lomb, США) и Infinity (Alcon, США) через роговичный височный туннельный разрез 1,8 мм. Во всех случаях имплантированы различные монофокальные ИОЛ (Alcon, США) для группы I, включая

Natural и IQ. Расчет оптической силы ИОЛ проводили по формуле SRK/T, ретроспективное сравнение — по формулам Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis, Barrett Universal II и Kane. Точность каждой из формул рассчитывали, сравнивая различие между целевым и расчетным SE (в идеале равное нулю) через 6 месяцев после хирургического вмешательства. Анализ проводили с помощью программного обеспечения системы VERION® и открытых данных на сайтах исследуемых формул. Период наблюдения пациентов составил от 6 до 72 ($12,9 \pm 2,6$) месяцев.

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, размаха вариации Rv (разность max-min). Для оценки достоверности полученных результатов при сравнении средних показателей использовался *t*-критерий Стьюдента. При сравнении частот встречаемости признака применяли точный критерий Фишера. Различия между выборками считали достоверными при $p < 0,05$, доверительный интервал 95 %. Отклонение расчетного значения сферического эквивалента от целевого определяли с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) и регрессионного анализа, при этом проводили ретроспективное сравнение отклонения сферического эквивалента при использовании различных формул для расчета ИОЛ. Для оценки различий средних погрешностей применяли тест Kruskal Wallis. Погрешность оценки (E) определяли как разницу между фактической послеоперационной SE в течение шести месяцев наблюдения и прогнозируемой послеоперационной SE. Абсолютную погрешность (AE) определяли как абсолютное значение E. Среднее значение AE рассчитывали для каждой формулы. Различия в средней AE для шести формул были проанализированы, кроме того, оценивали процент глаз с AE в пределах $\pm 0,50$ и $\pm 1,0$ дптр для каждой формулы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты статистического анализа в группе I представлены в таблице 2. Максимальная средняя погрешность оценки определена для формулы Haigis ($0,88 \pm 0,35$), далее для формул Olsen, Barrett Universal II, Kane, SRK/T, Holladay 2 и Hoffer-Q ($0,51 \pm 0,12$, $0,16 \pm 0,38$, $0,13 \pm 0,28$, $0,10 \pm 0,59$, $0,05 \pm 0,54$ и $-0,12 \pm 0,42$ соответственно). Схожие данные получены и для средней абсолютной погрешности — для формул Haigis, Olsen, Barrett Universal II, SRK/T, Holladay 2, Hoffer-Q и Kane, которая составила $0,85 \pm 0,31$, $0,78 \pm 0,25$, $0,21 \pm 0,10$, $0,79 \pm 0,23$, $0,73 \pm 0,24$, $0,19 \pm 0,08$ и $0,17 \pm 0,06$ соответственно, что свидетельствует о преимуществе формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane при расчете оптической силы

Таблица 1. Клинико-функциональные параметры в дооперационном периоде**Table 1.** Clinical and functional parameters in the preoperative period

Параметр / Parameters	Группа I / Group I	Группа II / Group II	p
Количество пациентов / Number of patients Количество глаз / Number of eyes	30 52	48 66	-
Возраст (годы) / Age (years) Min Max M SD	27 80 58,9 13,8	33 84 68,6 9,7	>0,05
Передне-задняя ось (мм) / Axial eye length (mm) Min Max M SD	18,5 20,0 19,6 0,4	22,0 23,8 22,8 0,5	<0,05
Глубина передней камеры (мм) / Phakic anterior chamber depth (mm) Min Max M SD	2,1 3,7 2,8 0,4	1,9 4,6 3,0 0,4	>0,05
Сферический эквивалент (дптр) / Spherical equivalent (D) Min Max M SD	0,5 11 7,5 2,2	-12,0 6,0 -0,4 3,1	<0,05
Цилиндрический эквивалент (дптр) / Cylindrical equivalent (D) Min Max M SD	-3,0 5,5 1,1 1,6	-4,0 2,0 -0,4 1,2	>0,05
Ось цилиндра (градусы) / Cylinder axis (degrees) Min Max M SD	0 179 78,1 62,9	0 179 86,4 52,0	>0,05
Показатели кератометрии / Keratometry values K ₁ Min Max M SD	40,1 47,4 44,2 1,8	40,4 48,6 44,6 1,4	>0,05
	42,8 48,6 45,4 1,5	41,3 49,4 45,2 1,3	>0,05
Период наблюдения (месяцы) / Follow-up period (months) Min Max M SD	6,0 60,0 12,3 2,9	8,0 72,0 14,1 5,5	>0,05

монофокальных ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20,0 мм (рис. 1). Процент глаз с АЕ в пределах $\pm 0,50$ дптр для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane составил 23,1, 65,4, 19,2, 26,9, 34,6, 61,5 и 71,2 % соответственно, в пределах $\pm 1,00$ дптр — 86,5, 98,1, 82,7, 92,3, 88,5, 96,2 и 100 % соответственно.

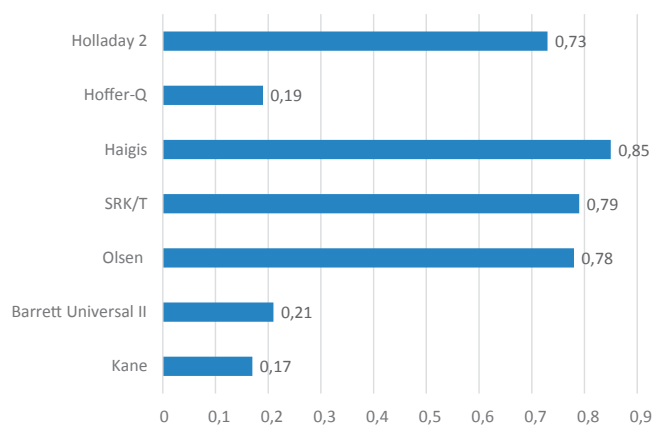
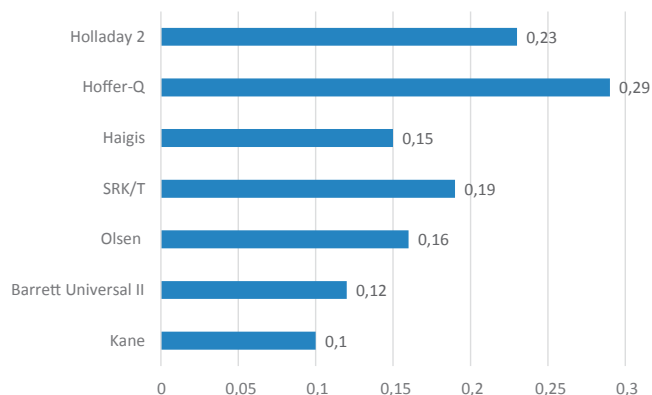
После расчета средних значений был проведен попарный анализ с учетом каждой из исследуемых формул. Результаты представлены в таблице 3.

При сравнении формул значимые различия выявлены для формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane в сравнении с формулами Haigis, Olsen, SRK/T и Holladay II ($p < 0,05$) во всех случаях, что свидетельствует о преимуществе указанных формул для группы пациентов с экстремально короткими глазами. Вместе с тем применение других указанных формул также не приводило к значимой абсолютной ошибке.

Аналогичный анализ проведен для группы II (сравнения) для глаз с нормальной аксиальной длиной (табл. 4).

Таблица 2. Анализ эффективности формул для расчета оптической силы ИОЛ для глаз с аксиальной длиной менее 20,0 мм**Table 2.** Analysis of the formulas effectiveness for calculating the IOL optical power for eyes with an axial length less than 20.0 mm

Значение / Value	Holladay 2	Hoffer-Q	Haigis	SRK/T	Olsen	Barrett Universal II	Kane
Средняя погрешность оценки (дптр) $\pm$ SD Mean estimate error (D) $\pm$ SD	0,05 $\pm$ 0,54	-0,12 $\pm$ 0,42	0,88 $\pm$ 0,35	0,10 $\pm$ 0,59	0,51 $\pm$ 0,12	0,16 $\pm$ 0,38	0,13 $\pm$ 0,28
Диапазон погрешности оценки (дптр) Estimate error range (D)	От -1,34 до +1,28	От -1,45 до +1,33	От -0,61 до +2,05	От -1,36 до +1,71	От -0,89 до +1,94	От -1,12 до +1,36	От -1,18 до +1,29
Средняя абсолютная погрешность (дптр) $\pm$ SD Mean absolute error (D) $\pm$ SD	0,73 $\pm$ 0,24	0,19 $\pm$ 0,08	0,85 $\pm$ 0,31	0,79 $\pm$ 0,23	0,78 $\pm$ 0,25	0,21 $\pm$ 0,10	0,17 $\pm$ 0,06
Диапазон абсолютной погрешности (дптр) Absolute error range (D)	От 0,01 до 1,43	От 0,00 до 0,86	От 0,10 до 2,37	От 0,05 до 1,55	От 0,03 до 1,69	От 0,00 до 0,89	От 0,00 до 0,83
Медианная абсолютная погрешность (дптр) Median absolute error (D)	0,54	0,43	0,57	0,50	0,49	0,46	0,43

**Рис. 1.** Усредненные значения средней абсолютной погрешности для шести используемых формул в группе I**Fig. 1.** Averaged values of the average absolute error for the six formulas used in group I**Рис. 2.** Усредненные значения средней абсолютной погрешности для шести используемых формул в группе II**Fig. 2.** Averaged values of the average absolute error for the six formulas used in group II

В отличие от группы I, в группе II для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane получены сопоставимые значения средней погрешности оценки (0,10 $\pm$ 0,12, 0,08 $\pm$ 0,19, 0,02 $\pm$ 0,05, 0,13 $\pm$ 0,09, 0,11 $\pm$ 0,04, 0,06 $\pm$ 0,10 и 0,04 $\pm$ 0,07 соответственно). Схожие данные определены и для средней абсолютной

Таблица 3. Сравнений средних величин абсолютной погрешности в группе I**Table 3.** Comparison of the average absolute error values in group I

Сравнение MAE MAE comparison	Значение p (тест Краскела — Уоллиса) p-value (Kruskal-Wallis test)
Holladay 2 / Hoffer-Q	<0,05
Holladay 2 / Haigis	>0,05
Holladay 2 / SRK/T	>0,05
Holladay 2 / Olsen	>0,05
Holladay 2 / Barrett Universal II	<0,05
Holladay 2 / Kane	<0,05
Hoffer-Q / Haigis	<0,05
Hoffer-Q / SRK/T	<0,05
Hoffer-Q / Olsen	<0,05
Hoffer-Q / Barrett Universal II	>0,05
Hoffer-Q / Kane	<0,05
Haigis / SRK/T	>0,05
Haigis / Olsen	>0,05
Haigis / Barrett Universal II	<0,05
Haigis / Kane	<0,05
SRK/T / Olsen	>0,05
SRK/T / Barrett Universal II	<0,05
SRK/T / Kane	<0,05
Olsen / Barrett Universal II	<0,05
Olsen / Kane	<0,05
Barrett Universal II / Kane	>0,05

погрешности (0,23 $\pm$ 0,09, 0,29 $\pm$ 0,13, 0,15 $\pm$ 0,06, 0,19 $\pm$ 0,12, 0,16 $\pm$ 0,04, 0,12 $\pm$ 0,08 и 0,10 $\pm$ 0,06 соответственно) (рис. 2), что свидетельствует о сопоставимой эффективности всех исследуемых формул для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с нормальной аксиальной длиной. Процент глаз с AE в пределах $\pm$ 0,50 дптр для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane составил 100, 97, 100, 100, 100, 100 и 100 % соответственно, в пределах $\pm$ 1,00 дптр — 100 % для всех исследуемых формул.

При проведении попарного анализа значимых различий между исследуемыми формулами не выявлено (табл. 5).

Таблица 4. Анализ эффективности формул для расчета оптической силы ИОЛ для глаз с нормальной аксиальной длиной**Table 4.** Analysis of the formulas effectiveness for IOL optic power for eyes with normal axial length

Значение / Value	Holladay 2	Hoffer-Q	Haigis	SRK/T	Olsen	Barrett Universal II	Kane
Средняя погрешность оценки (дптр) $\pm$ SD Mean estimate error (D) $\pm$ SD	0,10 $\pm$ 0,12	0,08 $\pm$ 0,19	0,02 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,09	0,11 $\pm$ 0,04	0,06 $\pm$ 0,10	0,04 $\pm$ 0,07
Диапазон погрешности оценки (дптр) Estimate error range (D)	От -0,25 до +0,22	От -0,19 до +0,28	От -0,14 до +0,17	От -0,26 до +0,40	От -0,21 до +0,32	От -0,20 до +0,23	От -0,16 до +0,19
Средняя абсолютная погрешность (дптр) $\pm$ SD Mean absolute error (D) $\pm$ SD	0,23 $\pm$ 0,09	0,29 $\pm$ 0,13	0,15 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,12	0,16 $\pm$ 0,04	0,12 $\pm$ 0,08	0,10 $\pm$ 0,06
Диапазон абсолютной погрешности (дптр) Absolute error range (D)	От 0,00 до 0,41	От 0,00 до 0,53	От 0,00 до 0,40	От 0,00 до 0,45	От 0,00 до 0,38	От 0,00 до 0,33	От 0,00 до 0,31
Медианная абсолютная погрешность (дптр) Median absolute error (D)	0,20	0,22	0,19	0,12	0,12	0,10	0,09

Таблица 5. Сравнений средних величин абсолютной погрешности в группе II**Table 5.** Comparison of the average values of absolute error in group II

Сравнение MAE MAE comparison	Значение p (тест Краскела — Уоллиса) p-value (Kruskal-Wallis test)
Holladay 2 / Hoffer-Q	>0,05
Holladay 2 / Haigis	>0,05
Holladay 2 / SRK/T	>0,05
Holladay 2 / Olsen	>0,05
Holladay 2 / Barrett Universal II	>0,05
Holladay 2 / Kane	>0,05
Hoffer-Q / Haigis	>0,05
Hoffer-Q / SRK/T	>0,05
Hoffer-Q / Olsen	>0,05
Hoffer-Q / Barrett Universal II	>0,05
Hoffer-Q / Kane	>0,05
Haigis / SRK/T	>0,05
Haigis / Olsen	>0,05
Haigis / Barrett Universal II	>0,05
Haigis / Kane	>0,05
SRK/T / Olsen	>0,05
SRK/T / Barrett Universal II	>0,05
SRK/T / Kane	>0,05
Olsen / Barrett Universal II	>0,05
Olsen / Kane	>0,05
Barrett Universal II / Kane	>0,05

Расчет оптической силы ИОЛ на экстремально коротких глазах остается вызовом для офтальмохирургов, несмотря на достижения при разработке математических подходов для прогнозирования послеоперационной рефракции у данной группы пациентов. J. Narvaez и соавт. в своей работе использовали иммерсионную ультразвуковую и ручную кератометрию для оценки 25 глаз с аксиальной длиной менее 22 мм. В результате значимых различий между формулами Holladay 1, Holladay 2, Hoffer-Q и SRK/T не выявлено [20]. В нашей работе опытную группу составили пациенты с аксиальной длиной

менее 20 мм, а формула Haigis показала наибольшую абсолютную погрешность ($p > 0,05$).

Е.А. Gavin и С.Ј. Hammond изучали 41 глаз пациентов с аксиальной длиной менее 22 мм, при этом измерения проводили с помощью IOL-Master. В результате авторы заключили, что формула Hoffer-Q обладает преимуществом по сравнению с SRK/T [18], что соответствует полученным нами данным. R.E. MacLaren и соавт., проанализировав результаты хирургического вмешательства на 72 глазах со средней аксиальной длиной 20,79 мм, сообщили, что наименьшие значения абсолютной погрешности показаны для формул Haigis и Hoffer-Q, а наибольшие — для формул Holladay 1 и SRK/T [15]. Схожие данные описаны и в работе Е.Н. Батькова и соавт. [21]. В нашей работе лучшие результаты показаны для формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane, при этом две последние формулы в работе R.E. MacLaren и соавт. не применялись.

В другой работе проводили анализ эффективности 12 формул для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с разной аксиальной длиной глаза. Авторы заключили, что в общей подгруппе наибольшим преимуществом обладают формулы Olsen и Barrett, в то время как меньшая MAE для глаз с короткой аксиальной длиной показана для формул Kane и Olsen [22]. Схожие данные представлены в работе К. Darcy и соавт., при этом показано преимущество формулы Kane как для глаз с нормальной, так и короткой и длинной переднезадней осью [23]. В нашей работе показано преимущество формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane по сравнению с другими, включая Olsen.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе представлен анализ собственных данных об эффективности шести формул для расчета оптической силы ИОЛ на экстремально коротких глазах (менее 20 мм) в сравнении с нормальной аксиальной длиной. Показано преимущество формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane по сравнению с Haigis, Holladay 2, Olsen и SRK/T. Впервые в Российской Федерации проведена оценка эффективности формулы Kane для расчета оптической силы

ИОЛ. Для определения точных показаний для использования данных формул необходимы дальнейшие исследования с учетом глубины передней камеры и меньшей степени гиперметропии.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Hahn U, Krummenauer F, Kolbl B, Neuhann T, Schayan-Araghi K, Schmickler S, von Wolff K, Weindler J, Will T, Neuhann I. Determination of valid benchmarks for outcome indicators in cataract surgery: a multicenter, prospective cohort trial. *Ophthalmology*. 2011;118:2105–2112. DOI: 10.1016/j.ophtha.2011.05.011
- 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.)].
- Hoffer K.J. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg*. 1993;19:700–712. DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80338-0
- Olsen T, Thim K, Corydon L. Accuracy of the newer generation intraocular lens power calculation formulas in long and short eyes. *J Cataract Refract Surg*. 1991;17:187–193. DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80249-0
- Steijns D, Bijlsma W.R., Van der Lelij A. Cataract surgery in patients with nanophthalmos. *Ophthalmology*. 2013;120:266–270. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.07.082
- Jung K.I., Yang J.W., Lee Y.C., Kim S.Y. Cataract surgery in eyes with nanophthalmos and relative anterior microphthalmos. *Am J Ophthalmol*. 2012;153:1161–1168 e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2011.12.006
- Fenzl R.E., Gills J.P., Cherchio M. Refractive and visual outcome of hyperopic cataract cases operated on before and after implementation of the Holladay II formula. *Ophthalmology*. 1998;105:1759–1764. DOI: 10.1016/s0161-6420(98)99050-9
- Федоров С.Н., Колинко А.И. Методика расчета оптической силы интраокулярной линзы. *Вестник офтальмологии*. 1967;80:27–31. [Fedorov S.N., Kolinko A.I. A method of calculating the optical power of the intraocular lens. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 1967;80:27–31 (In Russ.)].
- Hoffer K.J. Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:1233–1237. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00376-x
- Trivedi R.H., Wilson M.E., Reardon W. Accuracy of the Holladay 2 intraocular lens formula for pediatric eyes in the absence of preoperative refraction. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1239–1243. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.01.021
- Carifi G., Aiello F., Zygora V., Kopschilis N., Maurino V. Accuracy of the refractive prediction determined by multiple currently available intraocular lens power calculation formulas in small eyes. *Am J Ophthalmol*. 2015;159:577–583. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.11.036
- Srivannaboon S., Chirapapaisan C., Chirapapaisan N., Lertsuwanroj B., Chongcha-reon M. Accuracy of Holladay 2 formula using IOL Master parameters in the absence of lens thickness value. *Graefes Arch Clin Exper Ophthalmol*. 2013;251:2563–2567. DOI: 10.1007/s00417-013-2439-8
- Terzi E., Wang L., Kohnen T. Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:1181–1189. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.02.026
- Kane J.X., Van Heerden A., Atik A., Petsoglou C. Intraocular lens power formula accuracy: comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42:1490–1500. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.07.021
- MacLaren R.E., Natkunarajah M., Riaz Y., Bourne R.R., Restori M., Allan B.D. Biometry and formula accuracy with intraocular lenses used for cataract surgery in extreme hyperopia. *Am J Ophthalmol*. 2007;143:920–931. DOI: 10.1016/j.ajo.2007.02.043
- Moschos M.M., Chatziralli I.P., Koutsandrea C. Intraocular lens power calculation in eyes with short axial length. *Indian J Ophthalmol*. 2014;62:692–694. DOI: 10.4103/0301-4738.129791
- Day A.C., Foster P.J., Stevens J.D. Accuracy of intraocular lens power calculations in eyes with axial length <22.00 mm. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2012;40:855–862. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2012.02810.x
- Gavin E.A., Hammond C.J. Intraocular lens power calculation in short eyes. *Eye*. 2008;22:935–938. DOI: 10.1038/sj.eye.6702774
- Cooke D.L., Cooke T.L. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42:1157–1164. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.06.029
- Narvaez J., Zimmerman G., Stulting R.D., Chang D.H. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32:2050–2953. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.09.009
- Батыхов Е.Н., Паштаев Н.П., Михайлова В.И. Расчет оптической силы интраокулярной линзы при рефракционной хирургии «экстремальной» гиперметропии. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(1):21–27. [Bat'kov E.N., Pashtayev N.P., Mihajlova V.I. Calculation of intraocular lens power in surgical treatment of extreme hyperopia. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2019;135(1):21–27 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma201913501121
- Rocha-de-Lossada C., Colmenero-Reina E., Flikier D., Castro-Alonso F.J., Rodriguez-Raton A., Garcia-Madrona J.L., Peraza-Nieves J., Sanchez-Gonzalez J.M. Intraocular lens power calculation formula accuracy: Comparison of 12 formulas for a trifocal hydrophilic intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*. 2020;1120672120980690. DOI: 10.1177/1120672120980690. Epub ahead of print.
- Darcy K., Gunn D., Tavassoli S., Sparrow J., Kane J.X. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46(1):2–7. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.08.014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Офтальмологический центр «Эксимер»
Академия последипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»
Першин Кирилл Борисович
доктор медицинских наук, профессор, медицинский директор сети клиник
ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

Офтальмологический центр «Эксимер»
Академия последипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»
Пашинова Надежда Федоровна
доктор медицинских наук, главный врач
ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

Офтальмологический центр «Эксимер»
Лих Иван Александрович
врач-офтальмолог
ул. Семьи Шамшиных, 58, Новосибирск, 630005, Российская Федерация

Офтальмологический центр «Эксимер»
Цыганков Александр Юрьевич
кандидат медицинских наук, научный референт медицинского директора сети клиник
ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация

Офтальмологический центр «Эксимер»
Легких Сергей Леонидович
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог
ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

“Eximer” Eye Center
Academy of Postgraduate Education of The Federal Medical-Biological Agency
Pershin Kirill B.
MD, Professor, medical director
Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russia
Volokolamskoe highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

“Eximer” Eye Center
Academy of Postgraduate Education of The Federal Medical-Biological Agency
Pashinova Nadezhda F.
MD, head doctor
Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russia
Volokolamskoe highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

“Eximer” Eye Center
Likh Ivan A.
ophthalmologist
Family Shamshinoh str., 58, Novosibirsk, 630005, Russia

“Eximer” Eye Center
Tsygankov Alexander Yu.
PhD, scientific advisor
Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russia

“Eximer” Eye Center
Legkih Sergei L.
PhD, ophthalmologist
Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russia