

ВЕСТНИК №1 • 2019 • Том 135 Издается с 1884 г.

ОФТАЛЬМОЛОГИИ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕДНЕЙ КАПСУЛЫ ХРУСТАЛИКА ПОСЛЕ МАНУАЛЬНОЙ И ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ КАПСУЛОТОМИИ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ОБТУРАЦИИ СЛЕЗООТВОДЯЩИХ ПУТЕЙ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ СУХОГО ГЛАЗА

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ЛИНЗЫ ПРИ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ «ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ» ГИПЕРМЕТРОПИИ

ФЕМТОЛАЗЕРНАЯ РЕФРАКЦИОННАЯ АУТОКЕРАТОПЛАСТИКА В ЛЕЧЕНИИ ДАЛЕКОЗАШЕДШИХ СТАДИЙ КЕРАТОКОНУСА (ТРЕХЛЕТНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

РЕФРАКЦИЯ ПРИ АРТИФАКИИ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВРОЖДЕННЫХ КАТАРАКТ

КОРРЕКЦИЯ ПРОГРЕССИРУЮЩЕЙ МИОПИИ БИФОКАЛЬНЫМИ КОНТАКТНЫМИ ЛИНЗАМИ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНОЙ ДЛЯ ДАЛИ: ИЗМЕНЕНИЯ АККОМОДАЦИИ И ПЕРЕДНЕЗАДНЕЙ ОСИ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПРИСТУПА ЗАКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАЗУКОМЫ

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАЗЕРНОЙ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ РОГОВИЦЫ ПРИ ВИРУСНЫХ УВЕИТАХ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ)

КОРРЕКЦИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА В ЛЕЧЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ СУХОГО КЕРАТОКОНЪЮНКТИВИТА ПРИ СИНДРОМЕ ШЕГРЕНА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕПАРАТА «ТРАВАПРЕСС» У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАЗУКОМОЙ

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ТЯЖЕСТЬ СИНДРОМА СУХОГО ГЛАЗА У ПАЦИЕНТОВ С МИОПИЕЙ, ПЛАНИРУЮЩИХ ЛЕЧЕНИЕ МЕТОДОМ LASIK

ОЦЕНКА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГАНГЛИОЗНЫХ КЛЕТОК СЕТЧАТКИ В КУЛЬТУРЕ К ТАРГЕТНОМУ ПЕПТИДНОМУ БИОРЕГУЛЯТОРУ

<https://doi.org/10.17116/oftalma201913501121>

Расчет оптической силы интраокулярной линзы при рефракционной хирургии «экстремальной» гиперметропии

Е.Н. БАТЬКОВ, Н.П. ПАШТАЕВ, В.И. МИХАЙЛОВА

Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, пр-кт Тракторостроителей, 10, Чебоксары, 428027, Российская Федерация

Точность расчета оптической силы интраокулярных линз (ИОЛ) на коротких глазах значимо ниже, чем на эметропичных. Большинство исследований концентрируется на относительно стандартных глазах. **Цель** данного исследования — оценка точности расчета оптической силы ИОЛ, применяемых для коррекции экстремально высокой гиперметропии, а также сравнение доступных формул по предсказуемости рефракционного результата. **Материал и методы.** Ретроспективно изучены результаты 13 имплантаций ИОЛ с оптической силой не менее 40 дптр. Силу ИОЛ рассчитывали по 5 формулам: Haigis, Hoffer Q, HolladayI, SRKII, SRK/T. Произведен расчет среднеарифметической прогнозной ошибки (ПО) и абсолютной ПО (АПО). После оптимизации константы A_0 были рассчитаны среднеарифметическая АПО и медиана АПО. Также проведено сравнение формул по доле глаз с ПО в определенных пределах. **Результаты.** Получен разброс в средних величинах ПО: от 1,43 до 11,71 дптр для данных до оптимизации и от 1,08 до 5,34 дптр после нее ($p < 0,0001$). Минимальные ПО характерны для формулы Haigis, максимальные — для формулы SRKII. Парное сравнение формул по средней АПО выявило отсутствие достоверной разницы между формулами Haigis и Hoffer Q. Сравнение формул по доле глаз с минимальными ПО выявило преимущество формул Haigis и Hoffer Q. При попарном сравнении выявилось отсутствие статистически значимых различий между формулами Haigis и Hoffer Q. Статистически значимые различия определяются при попарном сравнении лидеров (Haigis, Hoffer Q) с аутсайдерами (SRKII). **Заключение.** Прогнозные ошибки в расчете оптической силы ИОЛ для экстремально коротких глаз относительно часты (только 31—46% глаз в пределах 0,5 дптр) и требуют снижения. На текущий момент наиболее точными среди сравниваемых оказались формулы Haigis и Hoffer Q. Для повышения точности расчетов обязательно использование персонализированных констант.

Ключевые слова: гиперметропия, расчет ИОЛ, экстракция прозрачного хрусталика, формулы расчета ИОЛ, рефракционная ошибка.

Calculation of intraocular lens power in surgical treatment of extreme hyperopia

E.N. BATKOV, N.P. PASHTAYEV, V.I. MIKHAYLOVA

Cheboksary branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 10 Traktorostroiteley Pr., Cheboksary, Russian Federation, 428027

Accuracy of calculation of the intraocular lens (IOL) power in eyes with short axial length is inferior to one in emmetropic eyes. Most studies focus on relatively standard eyes. **Purpose** — to assess the accuracy of power calculation for IOL used to correct extreme hyperopia and to compare available formulas based on their predictive capacity. **Material and methods.** Results of 13 implantations involving IOLs of at least 40 Diopters (D) in power were retrospectively evaluated. IOL power was calculated using five formulas: Haigis, Hoffer Q, HolladayI, SRKII, SRK/T. Mean numerical refractive prediction error (RPE) and mean absolute refractive prediction error (ARPE) were calculated. Mean and median ARPE were computed after optimizing the A_0 constant. Proportions of eyes within certain RPE limits were compared between the formulas. **Results.** Mean RPE ranged from 1.43 to 11.71 D before adjustment and from 1.08 to 5.34 D after adjustment ($p < 0.0001$). Haigis formula produced the least RPE, and SRKII — the most. Pairwise comparison by mean ARPE after adjustment revealed no statistically significant difference between Haigis and Hoffer Q formulas. Comparison of formulas by percentage of eyes with minimal RPE identified Haigis and Hoffer Q as the most accurate, while the difference between the two was not statistically significant. The difference between the most accurate formulas (Haigis and Hoffer Q) and the least accurate (SRKII) was statistically significant. **Conclusion.** In eyes with extremely short anterior-posterior axis, prediction errors in IOL power calculations are relatively frequent (only 31—46% of eyes are within ± 0.5 D) and warrant reduction. Among the evaluated formulas, Haigis and Hoffer Q are the most accurate. In order to improve the accuracy of IOL power calculations, it is necessary to employ personalized constants.

Keywords: hyperopia, IOL power calculation, clear lens extraction, IOL calculation formulas, refractive error.

Метод рефракционной замены хрусталика получил широкое практическое распространение для коррекции гиперметропии, выходящей за пределы возможностей кераторефракционной хирургии [1—3]. Вместе с тем точность расчета оптической силы интраокулярных линз (ИОЛ) на коротких глазах значимо ниже, чем на эметропичных глазах. Более

того, чем больше аксиальная длина глаза отличается от стандартной, тем выше величина прогнозной ошибки (ПО) при расчете ИОЛ [4]. При этом большинство работ, посвященных оценке точности рас-

Для корреспонденции:

Батьков Евгений Николаевич — канд. мед. наук, заместитель директора филиала по организационно-клинической работе
e-mail: ybatkov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1384-8142>

© Коллектив авторов, 2019

чета оптической силы ИОЛ при осевой гиперметропии, концентрируется на относительно стандартных глазах по причине их объективно большей распространенности в популяции. Учитывая вышесказанное, целью данного исследования стали оценка точности расчета оптической силы ИОЛ, применяемых для коррекции экстремально высокой гиперметропии, а также сравнение доступных формул по предсказуемости рефракционного результата.

Материал и методы

Ретроспективно изучены результаты имплантации ИОЛ с оптической силой не менее 40 дптр, проведенных в Чебоксарском филиале ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» с апреля 2012 по август 2017 г. Всего было проведено 43 имплантации, из них 28 с рефракционной целью. Во всех случаях имплантировалась ИОЛ модели МИОЛ-2 (Репер, Россия). Критериями включения являлись осевая гиперметропия, имплантация ИОЛ с оптической силой ≥ 40 дптр, доступность рефракционных данных через 21 день или более после операции. Последнему критерию удовлетворяли 19 глаз. В целях устранения эффекта корреляции данных, полученных с парных глаз одного субъекта, что могло бы искусственно завысить статистическую значимость разницы между сравниваемыми величинами, в исследование было включено только по одному глазу от каждого пациента [5]. При наличии данных по обоим глазам использовались измерения правого глаза. С учетом данного обстоятельства количество наблюдений, вошедших в исследование, сократилось до 13.

Методология клинического обследования пациентов заключалась в следующем. Оптическая сила передней поверхности роговицы (кератометрия в зоне 3 мм), а также клиническая рефракция определялись с помощью автоматизированного рефрактометра Tomey RC-5000 или Unicor URK 700). Переднезаднюю ось (ПЗО) глазного яблока измеряли оптическим биометром Carl Zeiss IOLMaster 500, глубину передней камеры и толщину хрусталика — ультразвуковыми биометрами Nidek US-1800, Quantel Medical Compact Touch, Tomey AL-100.

Ретроспективный расчет силы ИОЛ был проведен по 7 формулам: Barrett Universal II, Haigis, Hill-RBF, Hoffer Q, Holladay I, SRK II, SRK/T. Формулы Holladay II и Olsen не были использованы в связи с их недоступностью для авторов. Для формул Haigis, Hoffer Q, SRK II использовали онлайн-калькулятор, разработанный при участии W. Haigis, доступный по адресу <http://ocusoft.de/serv/iol8/iform2e.htm>. Для формул Holladay I и SRK/T применяли биометр IOL Master 500 («Carl Zeiss»). Доступ к калькуляторам Barrett Universal II и Hill-RBF был получен в сети Интернет по следующим адресам: https://www.apacr.org/barrett_universal2105/Default.aspx, <http://rbfcalculator.com/online/beta.html>.

При расчете экстремально коротких глаз, отобранных для данного исследования, формулы Barrett Universal II и Hill-RBF оказались не состоятельными на 3 (23%) и 8 (62%) глазах соответственно по причине выхода биометрических данных из допустимых пределов точного расчета. По этой причине данные формулы были исключены из дальнейшего анализа.

Все данные были обработаны с помощью Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistics 22. Произведен расчет среднеарифметической ПО и абсолютной ПО (АПО) вместе со стандартными отклонениями (СО). ПО определяли как разницу между фактическим послеоперационным (не менее чем через 3 нед после операции) сферозэквивалентом и сферозэквивалентом, прогнозируемым определенной формулой для конкретной диоптрийности ИОЛ, фактически имплантированной в глаз. Отрицательное значение ПО означает миопическую ПО. АПО определяли как модуль ПО. Медиану АПО также рассчитывали для каждой формулы.

Для исключения систематических ошибок, допускаемых формулами, и предоставления им возможности продемонстрировать точность расчета без систематических отклонений была проведена оптимизация константы A_0 для каждой формулы. С этой целью средняя арифметическая ПО для каждой формулы была приведена к нулю путем ее вычитания из реальной ПО в каждом наблюдении [6]. После оптимизации были рассчитаны среднеарифметическая АПО и медиана абсолютной ПО. Также проведено сравнение формул по доле глаз с ПО в пределах $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 0,75$; $\pm 1,0$; $\pm 1,5$ и $\pm 2,0$ дптр.

Для оценки статистической достоверности неоднородности формул по величине ПО применяли непараметрический тест для связанных выборок Фридмана (Friedman). Для попарного сравнения величин ПО использовали непараметрический метод знаковых рангов Уилкоксона (Wilcoxon). По доле глаз с минимальными ПО неоднородность формул оценивали по Q-критерию Кохрана (Cochran), а попарную разницу между ними тестом Мак-Немара (McNemar) [6]. Статистически достоверным признавался уровень значимости менее 0,05.

Результаты

Всего в исследование включено 13 пациентов (13 глаз), из них 6 мужчин и 7 женщин. Пред- и послеоперационные данные пациентов представлены в **табл. 1**.

ПО для разных формул приведены в **табл. 2**. Заметен большой разброс в средних величинах ПО как до, так и после оптимизации между формулами. ПО разнятся от 1,43 до 11,71 дптр для данных до оптимизации и от 1,08 до 5,34 дптр после нее. Очевидная неоднородность результатов в данной группе формул подтверждается статистически. Различия в

Таблица 1. Пред- и послеоперационные данные

Table 1. Pre- and post-operative data

Параметр	Среднее значение	СО	Диапазон
Возраст, годы	32	12	18–56
Кератометрия, дптр	46,25	2,60	42,75–51,75
Длина ПЗО, мм	17,83	1,64	14,79–19,69
Глубина передней камеры, мм	2,98	0,35	2,2–3,39
Толщина хрусталика, мм	4,22	0,43	3,69–4,87
Оптическая сила имплантированной ИОЛ, дптр	47,85	7,34	40–59
Сферозэквивалент рефракции до операции, дптр	12,33	3,95	5,5–17,38
Сферозэквивалент рефракции после операции, дптр	1,57	2,30	–0,88– +6,88

Таблица 2. Прогнозные ошибки

Table 2. Prediction errors

Формула	До оптимизации				После оптимизации			
	Ср. ПО±СО	Диапазон ср. ПО	Ср. АПО±СО	Медиана АПО	Ср. ПО±СО	Диапазон ср. ПО	Ср. АПО±СО	Медиана АПО
Haigis	1,43±1,39	0,0±4,37	1,43±1,39	0,98	0,00±1,39	–1,61, +2,78	1,08±0,82	0,89
Hoffer Q	2,90±1,75	–1,37, +5,49	3,11±1,31	2,87	0,00±1,75	–4,43, +2,42	1,21±1,22	0,99
SRK II	11,71±5,94	+5,43, +21,38	11,71±5,94	9,43	0,00±5,94	–6,57, +9,38	5,34±2,10	5,38
Holladay I	6,10±2,37	+3,37, +10,53	6,10±2,37	5,36	0,00±2,37	–2,87, +4,29	1,97±1,19	1,71
SRK/T	7,05±2,57	+4,22, +11,88	7,05±2,57	5,88	0,00±2,57	–3,04, +4,62	2,11±1,32	1,79

среднеарифметических ПО и среднеарифметических АПО без оптимизации, а также среднеарифметических АПО после оптимизации по непараметрическому критерию для связанных выборок Фридмана имели высокую статистическую значимость (для всех $p < 0,0001$).

Минимальные ПО характерны для формулы Haigis, максимальные ПО свойственны устаревшей регрессионной формуле SRK II. Попарное сравнение оптимизированных формул по средней абсолютной ошибке с использованием непараметрического критерия знаковых рангов Уилкоксона выявило отсутствие достоверной разницы между формулами Haigis и Hoffer Q (табл. 3).

Сравнение формул по доле глаз с минимальными ПО обнаружило явное преимущество формул Haigis и Hoffer Q (см. рисунок). На другом конце спектра — регрессионная формула второго поколения SRK II, ни в одном случае не обеспечившая попадание в рефракцию цели в пределах 2 дптр. Не удивительно, что разница между всеми пятью формулами по критерию Кохана статистически достоверна на всех уровнях отсечек от 0,50 до 2,00 дптр: уровень p снижается от 0,022 до менее 0,001 по мере увеличения ширины диапазона. Только для минимальной отсечки в 0,25 дптр показатель p составил 0,199.

При попарном сравнении формул по доле глаз с минимальными ПО с использованием критерия МакНемара выявилось отсутствие статистически значимых различий между оптимизированными формулами Haigis и Hoffer Q (табл. 4). Минимальное значение p (0,25) обнаружено для отсечки в $\pm 1,50$ дптр,

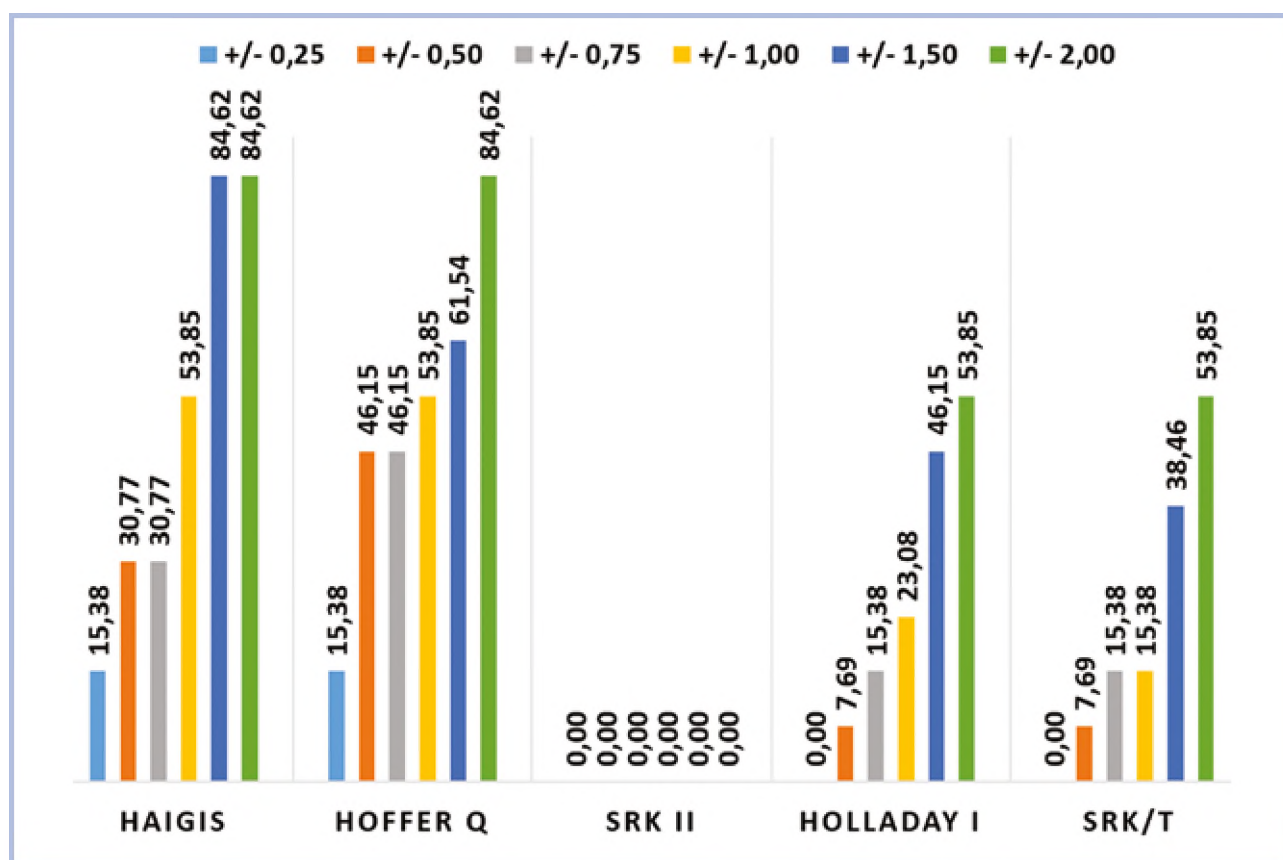
Таблица 3. Уровни статистической значимости (p) попарных различий оптимизированных формул по средней абсолютной ошибке с использованием непараметрического критерия знаковых рангов УилкоксонаTable 3. Statistical significance (p) of pairwise differences between optimized formulas per mean absolute error computed with Wilcoxon nonparametric signed rank criteria

Пары формул	p
Haigis и Hoffer Q	0,972
Haigis и SRK II	0,001
Haigis и Holladay I	0,007
Haigis и SRK/T	0,007
Hoffer Q и SRK II	0,001
Hoffer Q и Holladay I	0,064
Hoffer Q и SRK/T	0,064
SRK II и Holladay I	0,001
SRK II и SRK/T	0,001
Holladay I и SRK/T	0,069

в которую уложились 85 и 62% глаз соответственно. Статистически значимые различия определяются при попарном сравнении лидеров (Haigis, Hoffer Q) с аутсайдером (SRK II).

Обсуждение

Развитие прецизионных методов предоперационной биометрии, а также теоретических формул позволило существенно повысить точность расчета оптической силы ИОЛ и снизить вероятность и магнитуду рефракционных сюрпризов. В хирургии относительно стандартных по аксиальной длине глаз процент попадания в пределах $\pm 0,5$ дптр от рефрак-



Доля глаз (в процентах) с прогнозными ошибками в пределах $\pm 0,25$; $\pm 0,50$; $\pm 0,75$; $\pm 1,00$; $\pm 1,50$ и $\pm 2,00$ дптр после оптимизации константы A_0 .

Percentage of eyes with prediction error within $\pm 0,25$; $\pm 0,50$; $\pm 0,75$; $\pm 1,00$; $\pm 1,50$ and $\pm 2,00$ D after optimization of the A_0 constant.

Таблица 4. Уровни статистической значимости (p) попарных различий оптимизированных формул по доле глаз с прогнозными ошибками в пределах $\pm 0,25$; $\pm 0,50$; $\pm 0,75$; $\pm 1,00$; $\pm 1,50$ и $\pm 2,00$ дптр с использованием критерия Мак-Немара

Table 4. Statistical significance (p) of pairwise differences between optimized formulas per percentage of eyes with prediction error within $\pm 0,25$; $\pm 0,50$; $\pm 0,75$; $\pm 1,00$; $\pm 1,50$ and $\pm 2,00$ D computed with McNemar's test

Пары формул	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,5$ дптр	$\pm 0,75$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 1,50$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Haigis и Hoffer Q	1	0,688	0,688	1	0,25	1
Haigis и SRK II	0,5	0,125	0,125	0,016	0,001	0,001
Haigis и Holladay I	0,5	0,375	0,625	0,219	0,063	0,125
Haigis и SRK/T	0,5	0,375	0,688	0,125	0,031	0,125
Hoffer Q и SRK II	—	0,031	0,031	0,016	0,008	0,001
Hoffer Q и Holladay I	0,5	0,125	0,219	0,289	0,688	0,219
Hoffer Q и SRK/T	0,5	0,125	0,289	0,18	0,453	0,219
SRK II и Holladay I	—	1	0,5	0,25	0,031	0,016
SRK II и SRK/T	—	1	0,5	0,5	0,063	0,016
Holladay I и SRK/T	—	1	1	1	1	1

ции цели для большинства хирургов достигает 78% [7]. При этом большинство современных формул обеспечивают схожий уровень точности.

Обратная ситуация складывается с рефракционной точностью в хирургии коротких глаз с длиной переднезадней оси (ПЗО) менее 22 мм. Традиционно в этой части популяции с точностью расчета оптической силы ИОЛ возникают сложности.

В ранее проведенных исследованиях точности расчета силы ИОЛ на коротких глазах выводы по

предпочтительным формулам незначительно отличаются, однако большинство авторов считают более точными формулы Haigis и Hoffer Q (табл. 5). Особо надо выделить метаанализ Wang [8]. Нужно отметить, что в большинстве исследований имплантировались ИОЛ силой до 40 дптр при длине ПЗО незначительно менее 22 мм.

Наиболее близко к исследованной нами популяции по длине глаза приблизились M. Inatomi и соавт. [9]. Но сравнивать их результаты с нашей работой не-

Таблица 5. Результаты исследований точности расчета оптической силы ИОЛ на коротких глазах
Table 5. Results of assessing the accuracy of IOL power calculation in eyes with short axial length

Первый автор, год	Средняя ПЗО (диапазон), мм	Число глаз	Сравниваемые формулы	Заключение авторов
M. Inatomi, 1997 [9]	17,62 (16,66—18,90)	6	SRK, SRK II, S-SRK, SRK/T, Holladay I, Hoffer Q	Наиболее точный расчет у SRK/T
R. Donoso, 2003 [10]	<22,0	—	SRK-II, Binkhorst II, Hoffer Q, Holladay I, SRK/T	Наиболее точный расчет у Binkhorst II и Hoffer Q
J. Narváez, 2006 [11]	(21,12—21,98)	25	Hoffer Q, Holladay I/II, SRK/T	Нет статистически значимых различий
R. MacLaren, 2007 [12]	20,79 (19,10—22,95)	76	Haigis, Hoffer Q, Holladay I, SRK/T	Расчет по Haigis более точен для ИОЛ с незамкнутой гаптикой, Hoffer Q — для ИОЛ с плоскостной гаптикой
E. Gavin, 2008 [13]	21,51 (20,29—21,96)	41	SRK-T, Hoffer Q	Наиболее точный расчет у Hoffer Q
Y. Roh, 2011 [14]	21,60 (20,41—21,94)	25	Haigis, Hoffer Q, SRK II, SRK/T	Наиболее точный расчет у Haigis
K. Jung, 2012 [4]	19,53±1,17	17	SRK II, SRK/T, Hoffer Q, Holladay I	Наиболее точный расчет у Holladay I
A. Day, 2012 [15]	21,20 (19,23—21,98)	163	Haigis, Holladay I, Hoffer Q, SRK/T	При использовании оптимизированных констант не было значимых различий между формулами по средней АПО
J. Wang, 2013 [16]	21,52±0,47 (минимальное 20,16)	33	Haigis, Holladay I, Hoffer Q, SRK/T	Наиболее точный расчет у Haigis и Hoffer Q по сравнению с Holladay и SRK/T
Y. Eom, 2014 [17]	21,69 (20,32—21,99)	75	Hoffer Q, Haigis	Нет достоверного различия в средней АПО между Hoffer Q и Haigis. При глубине передней камеры <2,4 мм более точной является формула Haigis
M. Moschos, 2014 [18]	21,5 (20,2—21,99)	69	SRK/T, Hoffer Q, Holladay I, Haigis	Наиболее точный расчет у Haigis по сравнению с Hoffer Q, SRK/T и Holladay I
G. Carifi, 2015 [19]	19,86 (18,41—20,64)	28	Hoffer Q, Holladay I, II, Haigis, SRK/T, SRK II	Нет статистически значимых различий между Hoffer Q, Holladay I/II, Haigis. Формулы SRK дали менее точные расчеты
J. Kane, 2016 [20]	≤22,0	156	Barrett Universal II, Haigis, Hoffer Q, Holladay I, Holladay 2, SRK/T, T2	Нет статистически значимых различий
Q. Wang, 2017 [8]	<22,0	1161	Haigis, Holladay I/II, Hoffer Q, SRK/T, SRK II	Наиболее точный расчет у Haigis по сравнению с Hoffer Q, SRK/T и SRK II
D. Doshi, 2017 [21]	21,39±0,58	40	Haigis, Hoffer Q, Holladay-I, SRK/T	Нет различий между Hoffer Q, Holladay I и SRK/T, эти формулы статистически точнее, чем Haigis
S. Gökce, 2017 [22]	21,53 (18,80—22,0)	86	Haigis, Holladay I/II, Hoffer Q, Barrett Universal II, Olsen	При использовании оптимизированных констант не было значимых различий между формулами по средней АПО

просто по причине отсутствия в 1997 г. оптической биометрии и не совсем пересекающегося набора сравниваемых формул. Небольшое количество наблюдений (6) позволило авторам статьи привести в ней первичные данные, которые по необъяснимой причине противоречат выводу о наибольшей точности формулы SRK/T. Наименьшую среднюю АПО продемонстрировала формула Hoffer Q (1,69±1,40 дптр), тогда как для SRK/T этот показатель составил 2,20±1,99 дптр.

На практике до проведения ретроспективного анализа всем пациентам силу ИОЛ рассчитывали с использованием формулы Haigis. Как показало последующее аналитическое сравнение, результаты которого приводятся в данной работе, такой выбор был более чем оправдан, поскольку до исключения систематических ошибок (до оптимизации) в данной группе глаз среднеарифметическая и средняя АПО

для формулы Haigis в 2 раза меньше, чем у ближайшего конкурента — формулы Hoffer Q (см. табл. 2). Только последующая оптимизация нивелирует избыточную гиперметропическую ошибку формулы Hoffer Q настолько, что статистическая оценка их разницы дает отрицательный результат ($p=0,972$). В сравнении точности формул Haigis и Hoffer Q после оптимизации по доле попадания в рефракцию цели преимущество формулы Haigis также теряется. По этой причине мы заключаем, что строгих научных доказательств приоритета той или иной формулы данной пары для экстремально коротких глаз нет.

В рамках данного исследования нами была предпринята попытка применить в отношении экстремально коротких глаз наиболее современные формулы. В силу коммерческих ограничений авторам не удалось воспользоваться формулами Holladay II (теоретическая формула с 7 переменными) и Olsen (фор-

мула на основе трассировки лучей). Однако 5-переменная теоретическая формула Barrett Universal II и формула Hill — Radial Basis Function (Hill-RBF) на основе технологии искусственного интеллекта, исключая расчет эффективного положения ИОЛ, оказались не столь универсальными в отношении экстремальных значений ПЗО. В 23 и 62% исследованных случаев соответственно формулы не смогли предоставить расчетную оптическую силу (out of bounds), что затруднило их сравнение с другими. Однако нужно признать, что средняя АПО после оптимизации для формулы Barrett составила $1,32 \pm 0,99$ дптр (10 глаз), а для формулы Hill-RBF — $0,72 \pm 0,44$ дптр (5 глаз). Первое значение сравнимо с таковым для формулы Haigis ($1,08 \pm 0,82$), а второе даже его перебивает. Тем не менее мы посчитали, что в такой ситуации формулы Barrett и Hill-RBF полноценно сравнивать с другими будет неправильно, поскольку результаты их расчетов были возможны только в наиболее стандартных (длинных) глазах из нашей группы. В будущем нельзя исключать, что по мере достаточного заполнения баз данных названных калькуляторов похожими экстремальными случаями они смогут предоставлять более точный рефракционный результат.

Недостатками нашего исследования являются его ретроспективный характер, что могло привнести необъективность в его результаты, небольшое количество наблюдений, а также использование разных технологий для клинических измерений. Так, в частности, глубину передней камеры измеряли апланационной ультразвуковой биометрией. Учитывая меньший по сравнению с ультразвуковым биометром

коэффициент вариации, характерный для измерения глубины передней камеры методом частичной когерентной интерферометрии с помощью оптического биометра Zeiss IOLMaster, точность расчетов могла бы измениться в лучшую сторону при использовании более совершенного способа измерения [23]. Ретроспективный дизайн исследования был продиктован редкой встречаемостью пациентов с экстремально короткими глазами в общей популяции. Метод авторефрактометрии для определения клинической рефракции был выбран в связи с его большей объективностью. При определении субъективной рефракции могут допускаться ошибки, особенно с учетом относительно низкой скорректированной остроты зрения, свойственной для столь дефектных глаз.

В заключение нужно отметить, что прогностические ошибки в расчете оптической силы ИОЛ для экстремально коротких глаз относительно часты (только 31—46% глаз в пределах 0,5 дптр) и требуют снижения. На текущий момент наиболее точными среди сравниваемых оказались формулы Haigis и Hoffer Q. Для повышения точности расчетов обязательно использование персонализированных констант.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Е.Б., Н.П.

Сбор и обработка материала: Е.Б., В.М.

Статистическая обработка: Е.Б.

Написание текста: Е.Б.

Редактирование: Е.Б.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Leaming DV. Practice styles and preferences of ASCRS members — 2003 survey. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(4):892-900. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.02.064>
- Schmack I, Auffarth GU, Epstein D, Holzer MP. Refractive surgery trends and practice style changes in Germany over a 3-year period. *J Refract Surg.* 2010;26(3):202-208. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20090515-05>
- Alió JL, Grzybowski A, Romaniuk D. Refractive lens exchange in modern practice: when and when not to do it? *Eye Vis (Lond).* 2014;1(1):10. <https://doi.org/10.1186/s40662-014-0010-2>
- Jung KI, Yang JW, Lee YC, Kim S-Y. Cataract surgery in eyes with nanophthalmos and relative anterior microphthalmos. *Am J Ophthalmol.* 2012;153(6):1161-1168.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.12.006>
- Ray WA, O'Day DM. Statistical analysis of multi-eye data in ophthalmic research. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1985;26(8):1186-1188.
- Wang L, Koch DD, Hill W, Abulafia A. Pursuing perfection in intraocular lens calculations: III. Criteria for analyzing outcomes. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(8):999-1002. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.08.003>
- Koch DD, Hill W, Abulafia A, Wang L. Pursuing perfection in intraocular lens calculations: I. Logical approach for classifying IOL calculation formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(6):717-718. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.06.006>
- Wang Q, Jiang W, Lin T, Wu X, Lin H, Chen W. Meta-analysis of accuracy of intraocular lens power calculation formulas in short eyes. *Clinical & Experimental Ophthalmology.* 2017. <https://doi.org/10.1111/ceo.13058>
- Inatomi M, Ishii K, Koide R, Kora Y, Ozawa T. Intraocular lens power calculation for microphthalmos. *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* 1997;23(8):1208-1212.
- Donoso R, Mura JJ, Lopez M, Papic A. Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología. 2003;78(9):477-480.
- Narváez J, Zimmerman G, Stulting RD, Chang DH. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(12):2050-2053. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2006.09.009>
- MacLaren RE, Natkunarajah M, Riaz Y, Bourne RRA, Restori M, Allan BDS. Biometry and formula accuracy with intraocular lenses used for cataract surgery in extreme hyperopia. *American Journal of Ophthalmology.* 2007;143(6):920-931. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.02.043>
- Gavin EA, Hammond CJ. Intraocular lens power calculation in short eyes. *Eye.* 2008;22(7):935-938. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702774>
- Roh YR, Lee SM, Han YK, Kim MK, Wee WR, Lee JH. Intraocular Lens Power Calculation Using IOLMaster and Various Formulas in Short Eyes. *Korean Journal of Ophthalmology.* 2011;25(3):151-155. <https://doi.org/10.3341/kjo.2011.25.3.151>
- Day AC, Foster PJ, Stevens JD. Accuracy of intraocular lens power calculations in eyes with axial length <22.00 mm. *Clinical & Experimental Ophthalmology.* 2012;40(9):855-862. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2012.02810.x>

16. Wang JK, Chang SW. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *International Journal of Ophthalmology*. 2013;6(2):150-154. <https://doi.org/10.3980%2Fj.issn.2222-3959.2013.02.08>
17. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim YY, Kim HM. Comparison of Hoffer Q and Haigis formulae for intraocular lens power calculation according to the anterior chamber depth in short eyes. *American Journal of Ophthalmology*. 2014;157(4):818-824. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.12.017>
18. Moschos MM, Chatziralli IP, Koutsandrea C. Intraocular lens power calculation in eyes with short axial length. *Indian Journal of Ophthalmology*. 2014;62(6):692-696. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.129791>
19. Carifi G, Aiello F, Zygoura V, Kopsachilis N, Maurino V. Accuracy of the refractive prediction determined by multiple currently available intraocular lens power calculation formulas in small eyes. *American Journal of Ophthalmology*. 2015;159(3):577-583. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.11.036>
20. Kane JX, Van Heerden A, Atik A, Petsoglou C. Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(10):1490-1500. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.07.021>
21. Doshi D, Limdi P, Parekh N, Gohil N. A Comparative Study to Assess the Predictability of Different IOL Power Calculation Formulas in Eyes of Short and Long Axial Length. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;11(1):1-4. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2017/22095.9136>
22. Gökce SE, Zeiter JH, Weikert MP, Koch DD, Hill W, Wang L. Intraocular lens power calculations in short eyes using 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43(7):892-897. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.004>
23. Youn SM, Lim SH, Lee HY. Measurement Comparison of Anterior Segment Parameters between AL-Scan and Pentacam. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2014;55(6):801-808. <https://doi.org/10.3341/jkos.2014.55.6.801>

Поступила 13.03.18