[1] Офтальмологическая клиника «Эксимер», Москва

[2] Академия постдипломного образования ФНКЦ ФМБА России

Сравнение точности расчета оптической силы интраокулярной линзы на глазах с аксиальной длиной более 26 миллиметров при стандартной и сегментной оптической биометрии

К.Б. Першин, д.м.н.[1, 2], Н.Ф. Пашинова, д.м.н.[1, 2], А.Ю. Цыганков, к.м.н.[1], А.А. Панов[1, 2]

Адрес для переписки: Андрей Алексеевич Панов, andrew_pan98@mail.ru

Для цитирования: Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Панов А.А. Сравнение точности расчета оптической силы интраокулярной линзы на глазах с аксиальной длиной более 26 миллиметров при стандартной и сегментной оптической биометрии. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (35): 18–24.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-35-18-24

Актуальность. *Недостаточная точность расчета оптической силы интраокулярных линз (ИОЛ) на «длинных» глазах остается актуальной проблемой ввиду высокой распространенности осевой миопии и более высокой по сравнению с популяционной частоты отклонений от целевой рефракции. Применение сегментной оптической биометрии потенциально обеспечивает более адекватную оценку аксиальной длины глаза (AL) и других параметров по сравнению со стандартной методикой, что может повысить точность имплантационного расчета в данной клинической группе.*

Цель *– сравнить точность расчета ИОЛ на «длинных» глазах при использовании биометров Argos (сегментная биометрия) и IOLMaster 700 (стандартная биометрия).*

Материал и методы. *В исследование включено 55 глаз 55 пациентов (40 (72,7%) женщин, 15 (27,3%) мужчин) с AL > 26 мм после имплантации ИОЛ Clareon AutonoMe (Alcon, США). Средний возраст пациентов составил 70,15 ± 9,1 года (диапазон 45–90 лет). Оптическую силу ИОЛ рассчитывали по формулам, интегрированным в калькулятор ESCRS, на основании данных, полученных на приборах Argos (Alcon, США) и IOLMaster 700 (Zeiss, Германия). Факоэмульсификацию с имплантацией ИОЛ проводили по стандартной методике. Срок послеоперационного наблюдения – один месяц.*

Результаты. *Установлены статистически значимые различия между всеми биометрическими параметрами, измеренными на Argos и IOLMaster 700. При использовании IOLMaster 700 средняя ошибка (ME) для большинства формул была значимо ближе к нулю (диапазон ME от -0,15 до 0,08 дптр), тогда как при расчетах по данным Argos наблюдался миопический тренд (ME от -0,37 до 0,01 дптр). По остальным метрикам точности статистически значимых различий между биометрами для всех формул не выявлено, за исключением формулы Kane, которая показала более высокую прецизионность в сочетании с IOLMaster 700. Наилучшие результаты на базе Argos достигнуты при использовании формул Pearl DGS, Cooke K6 и EVO; для IOLMaster 700 оптимальными оказались Pearl DGS, EVO и Kane.*

Заключение. *На «длинных» глазах биометр Argos продемонстрировал высокую точность расчета ИОЛ, сопоставимую с точностью IOLMaster 700 для всех использованных формул, за исключением Kane.*

Ключевые слова: *биометрия, Argos, IOLMaster 700, расчет оптической силы ИОЛ, длинные глаза, миопия*

Введение

Миопия остается одним из наиболее встречающихся офтальмологических заболеваний; ее распространенность в разных странах варьирует от 25 до 53,4% [1, 2]. Большинство случаев обусловлены увеличением длины глазного яблока (осевая миопия), при котором изображение фокусируется перед сетчаткой [2]. Осевая миопия ассоциирована с повышенным риском развития помутнений хрусталика, что требует хирургического лечения – удаления катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) [3]. В то же время недостаточная точность расчета оптической силы ИОЛ в таких случаях сохраняет свою актуальность: отклонения от целевой рефракции после операции встречаются чаще, чем в среднем по популяции [4]. Особенно нежелательны ошибки в сторону гиперметропии, однако они чаще наблюдаются именно на «длинных» глазах [5]. Это связано с неточностью измерения длины глазного яблока, преломляющей силы роговицы и прогнозирования положения ИОЛ внутри глаза [1]. Одним из возможных решений проблемы является совершенствование технологии биометрии и формул для расчета оптической силы ИОЛ.

Большинство современных оптических биометров используют единый усредненный рефракционный индекс для всех структур глаза (стандартная биометрия) [6], что может приводить к неадекватным результатам и служить источником погрешности, поскольку реальные рефракционные индексы роговицы, влаги передней камеры, хрусталика и стекловидного тела различны [7]. Согласно теоретическим исследованиям, применение дифференцированных рефракционных индексов для разных структур (сегментная биометрия) способно минимизировать гиперметропическую ошибку и повысить точность расчета ИОЛ на «длинных» глазах [8]. Недавно появившийся на отечественном рынке прибор Argos (Alcon, США) основан именно на этом принципе [6].

Как уже отмечалось, другим методом повышения точности расчета служит совершенствование формул. Показано, что отдельные современные формулы превосходят классические на «длинных» глазах [1]. Удобным инструментом для расчетов и сравнения прогнозов рефракции является онлайн-калькулятор Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов (European Society of Cataract and Refractive Surgeons, ESCRS), включающий семь актуальных формул, в том числе с применением искусственного интеллекта: Barrett Universal II, Cooke K6, Emmetropia Verifying Optical (EVO), Hill-RBF, Hoffer QST, Kane и Pearl DGS [9].

Цель – сравнить точность расчета ИОЛ при использовании оптических биометров Argos (сегментная биометрия) и IOLMaster 700 (стандартная биометрия) по формулам, включенным в калькулятор ESCRS, у пациентов с «длинными» глазами.

Материал и методы

В исследование включено 55 (40 (72,7%) женщин, 15 (27,3%) мужчин) пациентов (55 глаз: 27 (49,1%) правых и 28 (50,9%) левых). Средний возраст пациентов составил 70,15 ± 9,1 года (диапазон 45–90 лет). При двусторонней операции для анализа случайным образом выбирали только один глаз.

Критерии включения: аксиальная длина (AL) на оптическом биометре Argos > 26,0 мм; проведение факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ.

Критерии исключения:

- кератоконус;
- центральные помутнения роговицы;
- роговичный астигматизм > 1 дптр;
- операции на глазном яблоке в анамнезе (включая рефракционную хирургию);
- комбинированные операции;
- активные воспалительные процессы глазного яблока и придаточного аппарата;
- любая патология зрительного анализатора (помимо катаракты), приводящая к снижению остроты зрения (макулярный отек, географическая атрофия, глаукома стадий III–IV, атрофия зрительного нерва, гемофтальм, эпиретинальный фиброз стадий II–IV, амблиопия);
- подвывих хрусталика;
- отслойка сетчатки любой локализации;
- интраоперационные осложнения (дефект связочного аппарата и задней капсулы, наложение шва на основной разрез).

Перед операцией всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование, включающее оптическую биометрию на приборах Argos и IOLMaster 700. Сравнивали следующие показатели: AL, кератометрию в плоском (K1) и крутом (K2) меридианах, среднюю кератометрию (Kmean), глубину передней камеры (anterior chamber depth, ACD), толщину хрусталика (lens thickness, LT), горизонтальный диаметр роговицы (white-to-white, WTW) и толщину центральной части роговицы (central corneal thickness, CCT).

Оптическую силу ИОЛ проспективно рассчитывали на основании данных Argos с помощью онлайн-калькулятора ESCRS [10] по всем доступным формулам: Barrett Universal II, Cooke K6, EVO 2.0, Hill-RBF 3.0, Hoffer QST, Kane, Pearl DGS. Для формул Cooke K6, EVO и Pearl DGS выбирали опцию Argos. Ретроспективно выполняли расчет по тем же формулам на основании показателей IOLMaster 700. Для Hoffer QST использовали константу ИОЛ 5,76, для остальных формул – 119,1.

Факоэмульсификацию катаракты с имплантацией ИОЛ проводили по стандартной методике на аппарате Stellaris Elite (Bausch & Lomb, США) под местной инстилляционной анестезией. Всем пациентам имплантировали монофокальную асферическую ИОЛ Clareon AutonoMe CNA0T0 (Alcon, США) через роговичный темпоральный разрез шириной 1,8 мм.

Таблица 1. Биометрические показатели выборки

Показатель	Argos	IOLMaster 700	p
K1, дптр	43,22 ± 1,47 (40,41–46,11)	43,15 ± 1,45 (40,42–46,00)	$5{,}58 \times 10^{-3}$
K2, дптр	44,06 ± 1,40 (41,66–46,96)	43,91 ± 1,42 (41,35–46,73)	$3{,}03 \times 10^{-7}$
Kmean, дптр	43,64 ± 1,43 (41,19–46,54)	43,53 ± 1,43 (41,00–46,37)	$5{,}06 \times 10^{-6}$
AL, мм	27,05 [26,44; 27,57] (26,04–32,37)	27,22 [26,57; 27,75] (26,16–33,05)	$1{,}09 \times 10^{-10}$
ACD, мм	3,65 [3,39; 3,85] (2,61–4,36)	3,53 [3,25; 3,73] (2,48–4,14)	$1{,}10 \times 10^{-10}$
LT, мм	4,40 [4,26; 4,64] (2,83–5,70)	4,36 [4,21; 4,63] (3,79–5,68)	$5{,}56 \times 10^{-4}$
WTW, мм	11,97 ± 0,41 (10,85–12,61)	11,93 ± 0,37 (11,00–12,60)	$4{,}93 \times 10^{-2}$
CCT, мм	539,73 ± 26,33 (480–588)	548,62 ± 25,65 (504–597)	$2{,}20 \times 10^{-16}$

Таблица 2. Показатели точности расчета оптической силы ИОЛ

Показатель	Barrett Universal II	Cooke K6	EVO	Hill-RBF	Hoffer QST	Kane	Pearl DGS
Argos							
ME, дптр	-0,20	-0,01	-0,08	-0,23	-0,37	-0,31	0,01
MedE, дптр	-0,21	-0,04	-0,12	-0,23	-0,33	-0,32	-0,05
SD, дптр	0,39	0,38	0,38	0,41	0,43	0,43	0,36
MAE, дптр	0,35	0,31	0,32	0,37	0,45	0,42	0,30
MedAE, дптр	0,28	0,30	0,29	0,33	0,43	0,33	0,31
RMSE, дптр	0,44	0,38	0,38	0,47	0,56	0,53	0,36
MaxAE, дптр	1,49	1,17	1,15	1,68	1,59	1,70	0,96
±0,25 дптр, %	41,82	41,82	43,63	40,00	30,91	36,36	40,00
±0,5 дптр, %	76,36	87,27	85,45	78,20	61,82	69,09	87,27
±1 дптр, %	98,18	98,18	98,18	98,18	92,73	92,73	100,00
IOLMaster 700							
ME, дптр	0,02	0,08	-0,01	-0,02	-0,15	-0,08	0,00
MedE, дптр	-0,05	0,06	-0,09	-0,11	-0,235	-0,16	-0,06
SD, дптр	0,38	0,37	0,36	0,38	0,41	0,40	0,36
MAE, дптр	0,31	0,30	0,30	0,32	0,36	0,34	0,29
MedAE, дптр	0,27	0,22	0,28	0,28	0,32	0,33	0,26
RMSE, дптр	0,37	0,37	0,36	0,38	0,43	0,40	0,35
MaxAE, дптр	0,94	0,92	0,95	1,16	1,14	1,25	0,89
±0,25 дптр, %	47,27	52,73	43,60	41,82	32,73	32,73	45,45
±0,5 дптр, %	78,18	80,00	85,45	83,60	76,36	87,27	87,27
±1 дптр, %	100,00	100,00	100,00	98,18	98,18	98,18	100,00

Анализировали данные субъективной рефракции через месяц после операции. Основными метриками точности формул служили доля глаз с рефракцией в пределах ±0,5 дптр от прогнозируемой (% ±0,5 дптр) и среднеквадратичная ошибка (root mean square error, RMSE). Последний показатель особенно информативен в нестандартных выборках, где не предполагается нулевая средняя ошибка (ME) [11], поскольку он интегрирует как дисперсию значений, так и среднее отклонение [12]. Дополнительно анализировали ME, стандартное отклонение (standard deviation, SD), медианную ошибку (median error, MedE), среднюю абсолютную ошибку (mean absolute error, MAE), медианную абсолютную ошибку (median absolute error, MedAE), максимальную абсолютную ошибку (maximal absolute error, MaxAE), а также доли глаз с рефракцией в пределах ±0,25 и ±1 дптр (% ±0,25 и % ±1 дптр соответственно).

Статистический анализ выполняли в программах R Studio и R. Характер распределения оценивали на основании критерия Шапиро – Уилка. Данные с нормальным распределением представлены как среднее ± стандартное отклонение, с ненормальным – как медиана [нижний квартиль; верхний квартиль]; для отдельных параметров в скобках дополнительно указаны диапазоны. Биометрические параметры сравнивали с помощью t-критерия для зависимых выборок (при нормальном распределении) и критерия Уилкоксона (при ненормальном). Доли глаз в пределах заданных диапазонов рефракции сравнивали исходя из критерия МакНемара, ME, MedE, MAE, MedAE и RMSE – исходя из t-критерия с бутстрепом; SD – гетероскедастическим методом. При множественных сравнениях применяли поправку Холма. Различия в точности расчета между биометрами внутри каждой формулы оценивали с помощью критерия Уилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0{,}05$.

Результаты

Средняя оптическая сила имплантированных ИОЛ составила 12,79 ± 3,63 дптр (от +6,0 до +19,0 дптр). В 7 (12,7%) случаях целевой рефракцией была эмметропия, в остальных – миопия от -1,0 до -3,0 дптр. После операции отмечались статистически значимое повышение максимально корригированной остроты зрения вдаль с 0,4 [0,25; 0,6] до 1,0 [0,9; 1,0] ($p = 3{,}69 \times 10^{-10}$) и снижение внутриглазного давления с 15,62 ± 3,07 до 14,42 ± 2,69 мм рт. ст. ($p = 1{,}4 \times 10^{-3}$). На биометре Argos значения AL и CCT были статистически значимо меньше, а все остальные показатели – значимо больше, чем на IOLMaster 700 (табл. 1). Общие показатели точности расчета ИОЛ представлены в табл. 2.

Argos

Распределение ошибок прогноза рефракции для каждой формулы при использовании Argos представлено

на рис. 1. ME значимо различалась между формулами в целом ($p < 0,001$). При попарных сравнениях статистически значимые различия выявлены для всех пар формул ($p < 0,05$), за исключением Barrett Universal II и Hill-RBF ($p = 0,07$), а также Cooke K6 и Pearl DGS ($p = 0,07$). Наиболее близкие к нулю значения ME зарегистрированы у Cooke K6 (-0,01 дптр) и Pearl DGS (0,01 дптр). MedE также значимо отличалась между всеми формулами ($p < 0,001$), при попарном анализе большинство комбинаций показали значимые различия; минимальные значения MedE зафиксированы для Cooke K6 (-0,04 дптр) и Pearl DGS (-0,05 дптр). Статистически значимых различий SD между формулами не выявлено; наименьшие значения – у Pearl DGS (0,36 дптр), EVO и Cooke K6 (по 0,38 дптр). MAE для Barrett Universal II, Cooke K6, EVO, Hill-RBF и Pearl DGS была значимо ниже, чем для Hoffer QST; минимальные значения – у Pearl DGS (0,30 дптр), Cooke K6 (0,31 дптр) и EVO (0,32 дптр). MedAE значимо не различалась. Наименьшая MaxAE отмечена для Pearl DGS (0,96 дптр) – единственной формулы, у которой этот показатель не превысил 1 дптр. По RMSE лучшие результаты показали Pearl DGS (0,36 дптр), Cooke K6 и EVO (по 0,38 дптр); величина RMSE для Barrett Universal II, Cooke K6, EVO, Hill-RBF и Pearl DGS была значимо ниже, чем для Hoffer QST. Наибольшая доля ±0,5 дптр зафиксирована у Pearl DGS и Cooke K6 (по 87,27%), что значимо выше, чем у Hoffer QST (61,82%; $p = 4,6 \times 10^{-2}$). По долям ±0,25 и ±1 дптр значимых различий между формулами не выявлено.

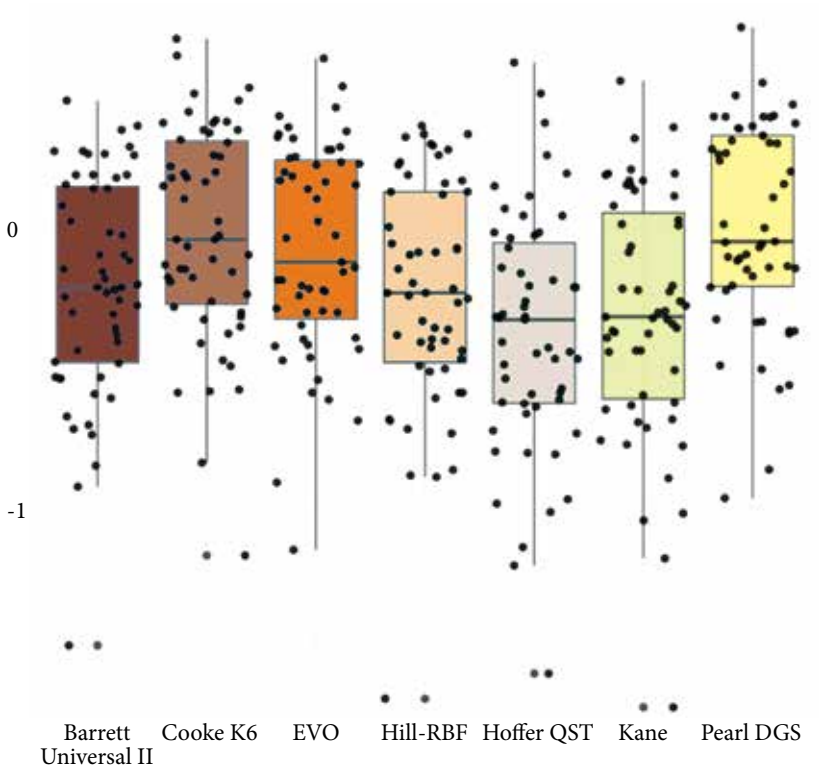

Рис. 1. Диаграммы распределения ошибок прогноза рефракции (дптр) для биометра Argos

IOLMaster 700

Распределение ошибок прогноза рефракции для IOLMaster 700 показано на рис. 2. ME значимо различалась между формулами в целом ($p < 0,01$). При попарных сравнениях Barrett Universal II, EVO, Hill-RBF и Pearl DGS не отличались друг от друга, однако различия между остальными парами были статистически значимы. Важно, что в отличие от Argos при использовании IOLMaster 700 ME для всех формул, кроме Cooke K6, была ближе к нулю. По MedE значимые различия выявлены только между Barrett Universal II и Hoffer QST ($p = 0$), а также Cooke K6 и Hoffer QST ($p = 0$). SD значимо не различалась; минимальные значения – у Pearl DGS и EVO (по 0,36 дптр), а также Cooke K6 (0,37 дптр). MAE и MedAE значимо не различались между формулами. Наименьшая MAE – у Pearl DGS (0,29 дптр), Cooke K6 и EVO (по 0,30 дптр); наименьшая MedAE – у Cooke K6 (0,22 дптр), Pearl DGS (0,26 дптр) и Barrett Universal II (0,27 дптр). При использовании IOLMaster 700 MaxAE была меньше, чем при использовании Argos, для всех формул; четыре формулы (Pearl DGS, Barrett Universal II, Cooke K6, EVO) показали MaxAE < 1 дптр. По RMSE лучшие результаты – у Pearl DGS (0,35 дптр), EVO (0,36 дптр), Cooke K6 и Barrett Universal II (по 0,37 дптр); RMSE для EVO и Pearl DGS была значимо ниже, чем для Hoffer QST ($p = 0,01$). По долям ±0,25, ±0,5 и ±1 дптр значимых различий между формулами не обнаружено. Наибольший % ±0,5 дптр имели Kane и Pearl DGS (по 87,27%), на третьем месте – EVO (85,45%).

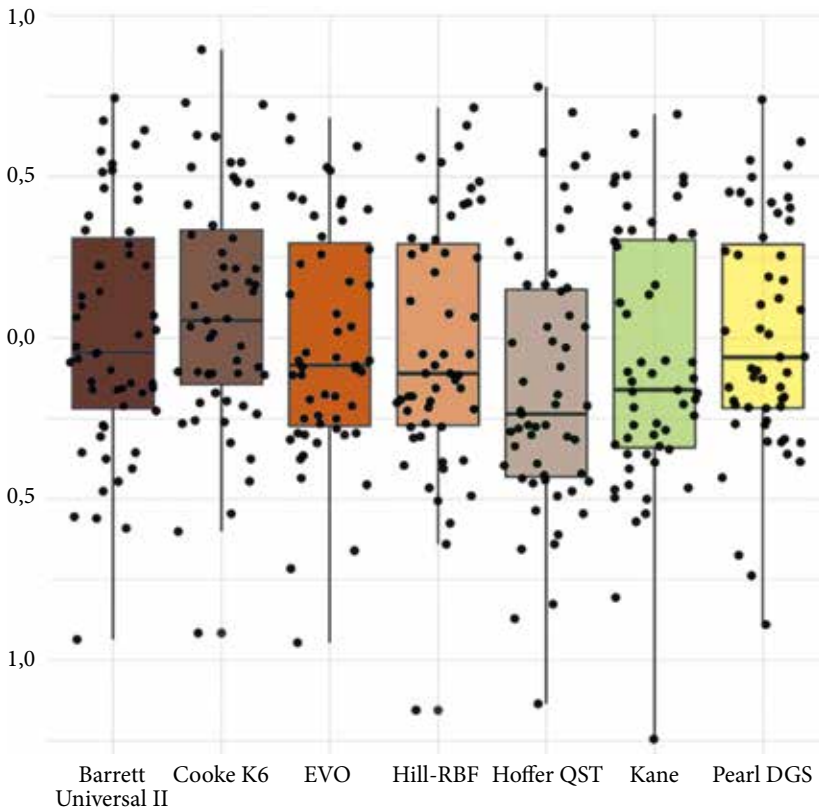

Рис. 2. Диаграммы распределения ошибок прогноза рефракции (дптр) для биометра IOLMaster 700

Попарные сравнения

Распределение ошибок для Argos и IOLMaster 700 внутри каждой формулы представлено на рис. 3. Для Barrett Universal II и Hill-RBF ME и MedE были значимо ближе к нулю при использовании IOLMaster 700; остальные метрики значимо не различались. Для Cooke K6 и EVO значимо различалась только ME ($p < 0{,}001$ и $p = 0{,}01$ соответственно). Для Pearl DGS все метрики точности значимо не зависели от типа биометра. Для Hoffer QST ME, MedE и MAE были значимо ближе к нулю при использовании IOLMaster 700 ($p = 0$, 0,01 и 0,01 соответственно). Для Kane точность была выше при применении IOLMaster 700: значимо ближе к нулю оказались не только ME и MedE ($p = 0$ в обоих случаях), но также MAE и RMSE ($p = 4{,}5 \times 10^{-2}$ и $p = 0{,}02$), а также значимо выше % ±0,5 дптр ($p = 0{,}02$).

Обсуждение

Полученные результаты в целом согласуются с данными литературы. В исследовании H. Cheng и соавт. на выборке пациентов с AL > 26 мм (87 глаз) при использовании IOLMaster 700 наибольшую точность показали Kane и Barrett Universal II; EVO и Hill-RBF 2.0 также дали хорошие результаты (% ±0,5 дптр > 74%), однако результат для Pearl DGS был хуже; формулы Cooke K6 и Hoffer QST не рассматривались [13]. Различия с нашей работой могут быть обусловлены этническими особенностями (выборка монголоидной расы), другой моделью ИОЛ (enVista MX60, Bausch & Lomb) и применением индивидуальных оптимизированных констант [13]. H.J. Shammas и соавт. изучили точность формул калькулятора ESCRS на базе Argos на глазах с AL ≥ 25 мм (53 глаза) и не выявили статистически значимых различий между формулами, однако наибольшую прецизионность показала Barrett Universal II [14]. Y. Kato и соавт. не обнаружили значимых различий в точности Barrett Universal II и EVO на Argos в глазах с AL ≥ 26 мм [15]. В публикациях, сравнивающих точность расчета на «длинных» глазах с применением Argos и IOLMaster 700, преимущественно рассматривалась формула Barrett Universal II [16–18]. Эти результаты соответствуют нашим данным. Так, S. Hata и соавт. на модели Clareon SY60WF (Alcon) показали, что MedAE, % ±0,25, ±0,5, ±0,75 и ±1 дптр значимо не различались между биометрами, однако ME на Argos демонстрировала миопический тренд, а на IOLMaster 700 – слабый гиперметропический по мере роста AL [16]. Аналогичные данные получены T. Kojima и соавт. для ИОЛ AcrySof IQ SN60WF (Alcon) [17]. M.K. Omoto и соавт. также не выявили различий в точности Barrett Universal II между биометрами, при этом MedE на Argos была значимо ближе к нулю, а на IOLMaster 700 смещена в сторону миопии, но в той работе использовались другие модели ИОЛ – Tecnis ZCB00 и ZCB00V (Johnson & Johnson Vision) [18]. Таким образом, направленность тренда ME (миопический или гиперметропический) при использовании Argos и IOLMaster 700 на «длинных» глазах может варьировать в зависимости от модели ИОЛ. В нашем исследовании применялась монофокальная асферическая ИОЛ Clareon AutonoMe CNA0T0 (Alcon) – асимметричная двояковыпуклая линза из гидрофобного акрилатного/метакрилатного сополимера с ультрафиолетовыми и сине-световыми фильтрами, предварительно загруженная в систему AutonoMe. Она обеспечивает высокое качество зрения и меньшую частоту побочных зрительных феноменов по сравнению с другими монофокальными ИОЛ, устойчива к глистенингу и вторичным помутнениям [19].

Использование констант 5,76 для Hoffer QST и 119,1 для остальных формул дало меньшие (по модулю) значения ME для IOLMaster 700 по сравнению с Argos (для всех формул, кроме Cooke K6). Это указывает на то, что выбранные константы лучше адаптированы к IOLMaster 700 и хуже к Argos, что могло снизить точность расчетов на основе последнего.

Различия биометрических параметров между приборами соответствуют результатам нашего предыдущего сравнительного исследования на более крупной выборке [20].

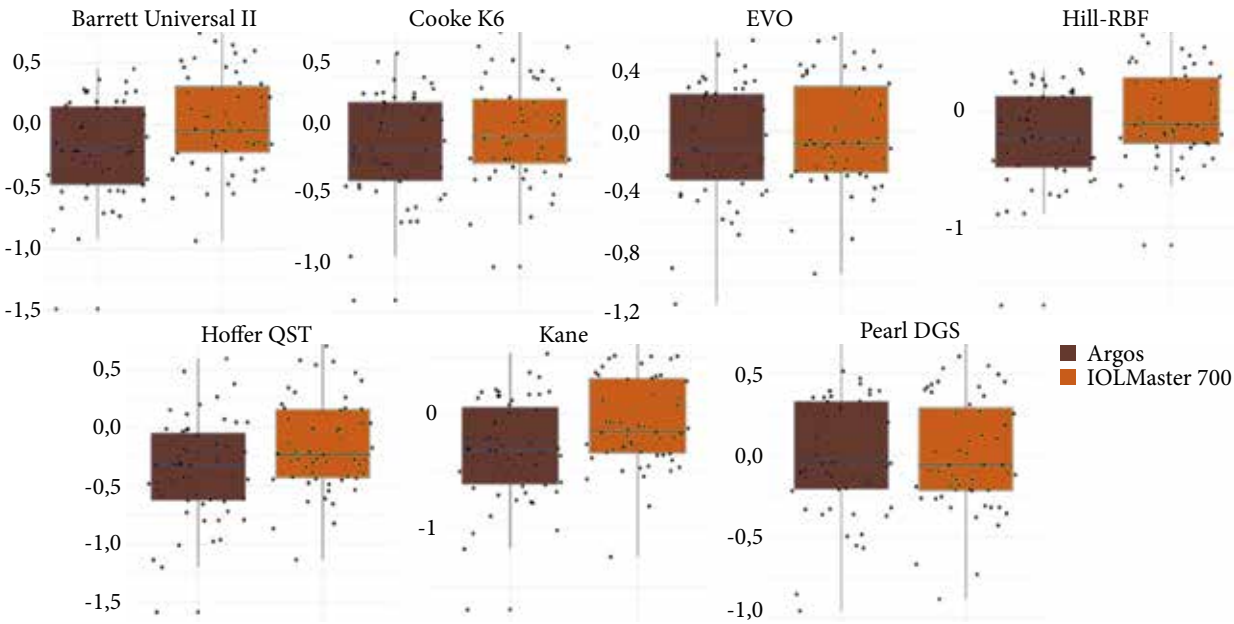

Рис. 3. Диаграммы распределения ошибок прогноза рефракции (дптр) для биометров Argos и IOLMaster 700 для каждой из формул

Очевидно, эти различия приводят к несовпадающим расчетам оптической силы ИОЛ. Примечательно, что для Pearl DGS все метрики точности значимо не зависели от биометра. Вероятно, это связано с тем, что данная формула вносит поправку при использовании стандартной биометрии, пересчитывая AL в «сегментную» [14].

Основной вклад в прецизионность расчета ИОЛ вносят Kmean, AL и ACD [21]. В нашем исследовании Kmean на Argos была в среднем на 0,11 дптр больше, AL – на 0,17 мм меньше, а ACD – на 0,12 мм больше, чем на IOLMaster 700. Погрешность кератометрии в 1 дптр меняет расчетную силу ИОЛ на 1,4 дптр, разница AL в 1 мм – примерно на 2 дптр (на «длинных» глазах), а ошибка ACD в 1 мм – на 1,5 дптр [22, 23]. При этом бóльшие значения Kmean и AL приводят к выбору меньшей оптической силы, а бóльшая ACD – к большей. Таким образом, расчетная разница оптической силы ИОЛ для Argos относительно IOLMaster 700 составит приблизительно: 0,11 × (-1,4) + (-0,17) × (-2) + 0,12 × 1,5 = 0,37 дптр. Иными словами, Argos предрасполагает к выбору ИОЛ с большей оптической силой, чем IOLMaster 700, и в этом случае следовало бы ожидать более выраженную миопическую ошибку для IOLMaster 700. Однако на практике наблюдается обратная картина: ME всех формул для IOLMaster 700 близка к нулю, тогда как для Argos демонстрирует миопический тренд. Скорее всего, причина заключается в «неподходящих» константах ИОЛ для Argos. Чем выше константа, тем больше расчетное расстояние между ИОЛ и роговицей [24] (и меньше – между ИОЛ и сетчаткой), следовательно, тем выше расчетная оптическая сила ИОЛ. Для улучшения точности формул при использовании Argos необходима оптимизация констант в сторону уменьшения, что позволит снизить расчетную силу ИОЛ и нивелировать миопическую ошибку.

Вероятно, формула Kane на «длинных» глазах работает лучше в сочетании с IOLMaster 700. Исследования с применением стандартной биометрии действительно указывают на ее преимущество перед другими формулами при большой AL [13], но в паре с Argos она не становится наиболее прецизионной [6, 14]. Это подтверждается результатами исследования S. Goto и соавт., в котором участвовали пациенты с AL ≥ 28,5 мм: при пересчете «стандартной» AL в «сегментную» точность Kane снижалась (в частности, значимо увеличивалась MedAE) [8]. Поскольку формула Kane не опубликована, о причинах этого феномена можно лишь строить предположения. Вероятно, она содержит поправки для AL и других параметров, компенсирующие погрешности стандартной биометрии, однако при использовании сегментной биометрии такие поправки могут становиться избыточными и приводить к снижению точности расчета.

Заключение

Оптический биометр Argos продемонстрировал высокую частоту достижения целевых рефракций на «длинных» глазах. При его использовании наибольшую прецизионность показали формулы Pearl DGS, Cooke K6 и EVO; при использовании IOLMaster 700 – Pearl DGS, EVO и Kane. В целом точность обоих приборов для расчета оптической силы ИОЛ на «длинных» глазах сопоставима, за исключением формулы Kane: вероятно, при AL > 26,0 мм она работает лучше в сочетании со стандартной оптической биометрией. Для дальнейшего повышения точности расчетов с помощью Argos требуется оптимизация констант ИОЛ.

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

Конфликт интересов. *Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Литература

1. Wang Q., Jiang W., Lin T., et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in long eyes: a systematic review and meta-analysis. Clin. Exp. Ophthalmol. 2018; 46 (7): 738–749.
2. Mingming C., Zhou Y., Shaoli L., et al. Prevalence and associated factors of myopia and axial length-related visual impairment in children and adolescents aged 4–18 years. Sci. Rep. 2025; 15 (1): 35277.
3. Kanthan G.L., Mitchell P., Rochtchina E., et al. Myopia and the long-term incidence of cataract and cataract surgery: the Blue Mountains Eye Study. Clin. Exp. Ophthalmol. 2014; 42 (4): 347–353.
4. Blehm C., Balest Z., Blehm A.C., Hall B. Refractive predictability of two intraocular lens power formulas in long, medium, and short eyes using a swept source optical coherence tomography biometer. Clin. Ophthalmol. 2024; 18: 2531–2537.
5. Blehm C., Hall B. Refractive predictability of a swept source optical coherence tomography biometer in long and short eyes implanted with extended depth of focus intraocular lenses. Clin. Ophthalmol. 2023; 17: 3525–3530.
6. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Панов А.А. Первый опыт применения сегментной оптической биометрии для расчета оптической силы ИОЛ в Российской Федерации. Офтальмология. 2025; 22 (3): 582–588.
7. Chang C.K., Lin J.T., Zhang Y. Human eye ocular component analysis for refractive state and refractive surgery. Int. J. Ophthalmol. 2017; 10 (7): 1076–1080.
8. Goto S., Maeda N., Uehara K., et al. Effect of segmented optical axial length on the performance of new-generation intraocular lens power calculation formulas in extremely long eyes. J. Clin. Med. 2023; 12 (22): 6959.
9. Skrzypecki J., Koch D.D., Wang L. Performance of formulas included in the ESCRS intraocular lens power calculator. J. Cataract Refract. Surg. 2024; 50 (12): 1224–1229.
10. URL: https://iolcalculator.escrs.org (дата обращения: 30.06.2026).
11. Holladay J.T., Wilcox R.R., Koch D.D., Wang L. Review and recommendations for univariate statistical analysis of spherical equivalent prediction error for IOL power calculations. J. Cataract Refract. Surg. 2021; 47 (1): 65–77.

12. Gatinel D., Debellemanière G., Saad A., et al. Impact of the minimization of standard deviation before zeroization of the mean bias on the performance of IOL power formulas. Transl. Vis. Sci. Technol. 2024; 13 (10): 22.
13. Cheng H., Kane J.X., Liu L., et al. Refractive predictability using the IOLMaster 700 and artificial intelligence-based IOL power formulas compared to standard formulas. J. Refract. Surg. 2020; 36 (7): 466–472.
14. Shammas H.J., Taroni L., Pellegrini M., et al. Accuracy of newer intraocular lens power formulas in short and long eyes using sum-of-segments biometry. J. Cataract Refract. Surg. 2022; 48 (10): 1113–1120.
15. Kato Y., Ayaki M., Tamaoki A., et al. Accuracy of new intraocular lens power calculation formula for short and long eyes using segmental refractive indices. J. Cataract Refract. Surg. 2024; 50 (8): 810–815.
16. Hata S., Kobayashi M. Refractive accuracy of the new Barrett formula using segmented axial length compared with that of the traditional Barrett Universal II formula. J. Cataract Refract. Surg. 2025; 51 (4): 294–299.
17. Kojima T., Tamaoki A., Ichikawa K., et al. Effect of intraocular lens power calculation formula optimization in the sum-of-segments optical biometer. Clin. Ophthalmol. 2024; 18: 2545–2553.
18. Omoto M.K., Torii H., Masui S., et al. Ocular biometry and refractive outcomes using two swept-source optical coherence tomography-based biometers with segmental or equivalent refractive indices. Sci. Rep. 2019; 9 (1): 6557.
19. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Корнеева Е.А. Анализ эффективности и безопасности имплантации новой асферической гидрофобной акриловой монофокальной ИОЛ в краткосрочном периоде наблюдения. Офтальмология. 2021; 18 (4): 845–851.
20. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Панов А.А. Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии. Офтальмология. 2025; 22 (4): 853–865.
21. Lender R., Mirsky D., Greenberger R., et al. Evaluation of three biometric devices: ocular parameters and calculated intraocular lens power. Sci. Rep. 2022; 12 (1): 19478.
22. Montés-Micó R., Pastor-Pascual F., Ruiz-Mesa R., Tañá-Rivero P. Ocular biometry with swept-source optical coherence tomography. J. Cataract Refract. Surg. 2021; 47 (6): 802–814.
23. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю. и др. 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.
24. Gatinel D., Debellemanière G., Saad A., et al. A simplified method to minimize systematic bias of single-optimized intraocular lens power calculation formulas. Am. J. Ophthalmol. 2023; 253: 65–73.

Comparison of Intraocular Lens Power Calculation Accuracy in Eyes with Axial Length Exceeding 26 Millimeters Using Standard Versus Segmental Optical Biometry

K.B. Pershin, PhD[1, 2], N.F. Pashinova, PhD[1, 2], A.Yu. Tsygankov, PhD[1], A.A. Panov[1, 2]

[1] *Excimer Eye Clinic, Moscow*
[2] *Academy of Postgraduate Education, Federal Scientific Clinical Center of the Federal Medical Biological Agency*

Contact person: Andrey A. Panov, andrew_pan98@mail.ru

Relevance. *Insufficiently accurate intraocular lens (IOL) power calculation in 'long' eyes remains a relevant issue due to the high prevalence of axial myopia and a higher rate of deviation from the target refraction compared with the general population. The use of segmental optical biometry may provide a more adequate assessment of axial length (AL) and other parameters than standard biometry, potentially improving the accuracy of IOL power calculation in this clinical group.*
Purpose *– to compare the accuracy of IOL power calculation in 'long' eyes using the Argos biometer (segmental biometry) and the IOLMaster 700 (standard biometry).*
Material and methods. *The study included 55 eyes of 55 patients (40 women – 72.7%, 15 men – 27.3%) with AL > 26 mm after implantation of the Clareon AutonoMe IOL (Alcon, USA). The mean patient age was 70.15 ± 9.1 years (range 45–90 years). IOL power was calculated using formulas integrated into the ESCRS calculator, based on data obtained from the Argos (Alcon, USA) and IOLMaster 700 (Zeiss, Germany) devices. Phacoemulsification with IOL implantation was performed using a standard technique. The postoperative follow-up period was one month.*
Results. *Statistically significant differences were found between all biometric parameters measured with Argos and IOLMaster 700. When using the IOLMaster 700, the mean error (ME) for most formulas was significantly closer to zero (ME range from -0.15 to 0.08 D), whereas calculations based on Argos data showed a myopic trend (ME from -0.37 to 0.01 D). For the other accuracy metrics, no statistically significant differences between the two biometers were observed for any of the formulas, except for the Kane formula, which demonstrated higher precision when used with the IOLMaster 700. The best results with Argos were achieved using the Pearl DGS, Cooke K6, and EVO formulas; for the IOLMaster 700, the optimal formulas were Pearl DGS, EVO, and Kane.*
Conclusion. *In 'long' eyes, the Argos biometer demonstrated high IOL power calculation accuracy comparable to that of the IOLMaster 700 for all formulas used, except for Kane.*

Keywords: *biometry, Argos, IOLMaster 700, intraocular lens power calculation, long eyes, myopia*