

# Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии

К.Б. Першин<sup>1,2</sup>Н.Ф. Пашина<sup>1,2</sup>А.Ю. Цыганков<sup>1</sup>А.А. Панов<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Офтальмологический центр «Эксимер»

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

<sup>2</sup>Академия последипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр»  
Федерального медико-биологического агентства

Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

**РЕЗЮМЕ****Офтальмология. 2025;22(4):853–865**

Оптическая биометрия широко применяется в офтальмологии для различных целей. В механизме работы недавно вышедшего на отечественный рынок прибора Argos (Alcon, США) используются отдельные рефракционные индексы для разных структур глазного яблока, что принципиально отличает его от других моделей. Вопрос сопоставимости его показателей с другими биометриями на популяции российских пациентов исследован недостаточно. **Цель:** сравнительный анализ показателей кератометрии в плоском (K1) и кругом (K2) меридианах, средней кератометрии (Km), аксиальной длины (AL), глубины передней камеры (ACD), толщины хрусталика (LT), расстояния «от белого до белого» (WTV), а также частоты релевантного измерения AL — между оптическими биометрами Argos и IOLMaster 700. **Пациенты и методы.** В исследование включен 251 пациент (368 глаз) независимо от наличия катаракты: 244 женщины (66,3 %) и 124 мужчины (33,7 %). Средний возраст составил  $68,18 \pm 13,36$  года (24–92 года). Критерии невключения: нестабильная зрительная фиксация, псевдофакия, афакия, витрэктомия в анамнезе, разница между датами проведения биометрии на Argos и IOLMaster 700 более 1 месяца. Клиническую значимость различий оценивали с помощью графиков Бланда — Альтмана и расчета 95 % границ согласованности (95 % LoA). **Результаты.** Частота релевантных измерений AL на биометре Argos составила 100 %, на IOLMaster 700 — 99,2 % ( $p = 0,25$ ). Показатели K1, K2, Km, ACD, LT и WTV были значимо выше на Argos по сравнению с IOLMaster 700. AL значимо не различалась только в диапазоне 22,0–23,0 мм. При  $AL < 22,0$  мм данный показатель был значимо больше на Argos, при  $AL > 23,0$  мм — на IOLMaster 700. При увеличении отклонения AL от диапазона 22,0–23,0 мм разница AL между двумя биометрами была выше. Выявлена обратная зависимость различий в ACD от ее величины. Отмечена сильная корреляция всех исследуемых параметров на двух биометрах, при этом 95 % LoA оказались широкими. **Заключение.** Различия в кератометрии, AL, ACD, LT и WTV на Argos и IOLMaster 700 клинически значимы, поэтому данные биометры нельзя считать взаимозаменяемыми во всех клинических ситуациях.

**Ключевые слова:** биометрия, оптическая биометрия, сегментная оптическая биометрия, Argos, IOLMaster 700, расчет ИОЛ

**Для цитирования:** Першин К.Б., Пашина Н.Ф., Цыганков А.Ю., Панов А.А. Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии. *Офтальмология*. 2025;22(4):853–865. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-4-853-865>

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

**Конфликт интересов отсутствует.**



# Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry

К.В. Pershin<sup>1,2</sup>, Н.Ф. Pashinova<sup>1,2</sup>, А.Ю. Tsygankov<sup>1</sup>, А.А. Panov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> "Eximer" Eye Center  
Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russian Federation

<sup>2</sup> Academy of Postgraduate Education of The Federal Medical-Biological Agency  
Volokolamskoe highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

## ABSTRACT

**Ophthalmology in Russia. 2025;22(4):853-865**

Optical biometry is widely used in ophthalmology for different purposes. The Argos (Alcon, USA) device, which recently entered the Russian market, uses different refractive indices for different eye structures. This feature fundamentally distinguishes it from other models. The issue of its comparability with other biometers in the Russian population has not been researched sufficiently. **Purpose.** To compare keratometry in the flat (K1) and steep (K2) meridians, mean keratometry (Km), axial length (AL), anterior chamber depth (ACD), lens thickness (LT), white-to-white (WTW) and the frequency of relevant AL measurement between the Argos and IOLMaster 700 devices. **Patients and methods.** Two hundred fifty-one patients (368 eyes) were included in the study regardless of the presence of cataract: 244 females (66.3 %) and 124 males (33.7 %). The mean age was  $68.18 \pm 13.36$  years (24–92 years). The exclusion criteria were: unstable visual fixation, pseudophakia, aphakia, history of vitrectomy, the difference between the dates of biometry on the Argos and IOLMaster 700 more than 1 month. Clinical significance of the differences was assessed using Bland-Altman plots and 95 % limits of agreement (95 % LoA). **Results.** The frequency of relevant AL measurements was 100 % on the Argos, and 99.2 % on the IOLMaster 700 ( $p = 0.25$ ). The K1, K2, Km, ACD, LT and WTW measurements were significantly higher on the Argos compared to the IOLMaster 700. AL did not differ significantly only in the range of 22.0–23.0 mm. At AL < 22.0 mm this parameter was significantly higher on the Argos, at AL > 23.0 mm — on the IOLMaster 700. The more was the AL deviation from the range of 22.0–23.0 mm, the greater was the difference in AL between the two biometers. The difference in ACD was inversely proportional to the magnitude of ACD. Strong correlations were found for all studied parameters on the two biometers, however, 95 % LoA were wide. **Conclusion.** The differences in keratometry, AL, ACD, LT and WTW between the Argos and IOLMaster 700 are clinically significant and therefore these biometers cannot be considered interchangeable in all clinical situations.

**Keywords:** biometry, optical biometry, segmental optical biometry, Argos, IOLMaster 700, IOL calculation

**For citation:** Pershin H.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Panov A.A. Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(4):853-865. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-4-853-865>

**Financial Disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**There is no conflict of interests.**

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Биометрия — измерение параметров глазного яблока: кератометрии в плоском и крутом меридианах (K1 и K2 соответственно), средней кератометрии (K mean, Km), толщины роговицы в центре (central corneal thickness, CCT), аксиальной длины (axial length, AL), глубины передней камеры глаза (anterior chamber depth, ACD), толщины хрусталика (lens thickness, LT), диаметра роговицы (расстояние «от белого до белого», white-to-white, WTW) — в настоящее время широко применяется в офтальмологии. Вышеперечисленные параметры используются для расчета оптической силы интраокулярных линз (ИОЛ). Кроме того, AL является основным параметром для оценки прогрессирования миопии. Кератометрия используется для диагностики и стадирования кератоконуса и подбора контактных линз. CCT применяется для определения противопоказаний к различным методам рефракционной хирургии, играет определенную роль в оценке офтальмогипертензии и глаукомы. ACD используется для отбора кандидатов на имплантацию факичных ИОЛ, а также вместе с LT может применяться в оценке

закрытоугольной глаукомы [1]. WTW — параметр, отражающий горизонтальный диаметр роговицы — используется для определения размеров факичных ИОЛ [2] и подбора контактных линз [3].

Исторически самой первой разновидностью биометрии является ультразвуковая. Ее преимуществом является возможность измерения аксиальной длины даже при зрелой катаракте. К недостаткам относятся зависимость от оператора и контактность метода: для измерения необходимо соприкосновение ультразвукового датчика с роговицей, из-за чего может происходить систематическое занижение показателей AL и ACD за счет аplanationи роговицы и завышение LT вследствие наклона датчика [1].

Более современная разновидность биометрии — оптическая — в отличие от ультразвуковой в меньшей степени зависит от оператора и является бесконтактной [4]. Кроме того, метод обладает большей воспроизводимостью результатов [5]. Однако при наличии выраженных помутнений хрусталика измерение AL с помощью оптической биометрии не всегда является

К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, А.А. Панов

Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsygankov1986@yandex.ru

Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии

возможным [6]. Оптические биометры, в свою очередь, классифицируются на 4 группы в зависимости от физического принципа, на основе которого они работают: частично-когерентная интерферометрия, оптическая низкокогерентная рефлектометрия, оптическая низкокогерентная интерферометрия, оптическая когерентная томография с переменной длиной волны (swept-source optical coherence tomography, SS-OCT) [1].

SS-OCT-биометры некоторыми исследователями считаются «золотым стандартом» и позволяют получать двумерное изображение структур глазного яблока, что дает возможность визуализации аномалий положения хрусталика (например, при сублюксации) и оценки положения, а также центрации ИОЛ. Кроме того, биометры данного типа проверяют наличие фoveальной фиксации, что повышает точность, повторяемость и воспроизводимость измерений. Частота успешного измерения AL на SS-OCT-биометрах выше, чем при других типах оптической биометрии (за счет использования большей длины волны излучения), и приближается к 100 % [6].

Широко распространенной в настоящее время моделью SS-OCT-биометра является IOLMaster 700 (Zeiss). Для измерения AL используется диапазон длин волн 1035–1095 нм со средней длиной волны 1055 нм, скорость сканирования 2000 А-сканов в секунду, осевое разрешение составляет 22 мкм, диапазон измерения AL — от 14 до 38 мм [7–10].

Технологии оптической биометрии продолжают развиваться, появляются новые модели, использующие различные методики измерения тех или иных параметров. Недавно вышедший на отечественный рынок SS-OCT-биометр Argos (Alcon, США) принципиально отличается от других моделей тем, что работает на принципе сегментной оптической биометрии: используется не один усредненный рефракционный индекс для всего глазного яблока, а отдельные рефракционные индексы для роговицы (1,376), влаги передней камеры глаза (1,336), хрусталика (1,41) и стекловидного тела (1,336) [8]. Теоретически данный подход может в большей степени отражать реальную анатомию, поскольку у разных людей соотношение размеров отдельных частей глазного яблока различается [11]. В Argos используется диапазон длин волн 1050–1080 нм со средней длиной волны 1060 нм, скорость сканирования 3000 А-сканов в секунду, осевое разрешение составляет 50 мкм, диапазон измерения AL — от 14 до 38 мм [8, 9, 12, 13].

Поскольку Argos начинает внедряться в отечественную офтальмологическую практику, а IOLMaster 700 уже широко применяется в нашей стране [14], представляется актуальным сопоставление показателей и оценка взаимозаменяемости данных моделей SS-OCT-биометров на популяции пациентов Российской Федерации.

Цель — сравнение показателей: частоты релевантного измерения AL, K1, K2, Km, AL, ACD, LT, WTW — между оптическими биометрами Argos и IOLMaster 700.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включен 251 пациент (368 глаз): 244 женщины (66,3 %) и 124 мужчины (33,7 %), 176 правых глаз (47,8 %) и 192 левых (52,2 %). Средний возраст испытуемых составил  $68,18 \pm 13,36$  года, диапазон 24–92 года. Всем пациентам проводилась оптическая биометрия на приборах Argos и IOLMaster 700, оценивали следующие показатели: K1, K2, Km, AL, ACD, LT, WTW.

Критерии невключения: возраст меньше 18 лет, наличие заболеваний и состояний, препятствующих стабильной зрительной фиксации, псевдофакия, афакия, витрэктомия в анамнезе, разница между датами проведения биометрии на Argos и IOLMaster 700 более 1 месяца.

Нормальность распределения оценивали по критерию Шапиро — Уилка. Различия между биометрами по частоте успешного измерения аксиальной длины оценивали по критерию Мак-Немара. Сравнение биометрических показателей проводили с помощью обобщенных уравнений оценки (generalized estimating equations, GEE) для учета корреляции между двумя глазами от каждого субъекта. Согласованность измерений оценивали с помощью графиков Бланда — Альтмана, линейной регрессии, одновыборочного T-критерия (для разницы показателей, имеющей нормальное распределение) и U-критерия Манна — Уитни (для разницы показателей, не имеющей нормального распределения), рассчитывали 95 % границы согласованности (95 % limits of agreement, 95 % LoA). Корреляционный анализ показателей двух биометров проводили с помощью корреляции Пирсона (для показателей, распределенных нормально) и Спирмена (для показателей, не имеющих нормального распределения). Статистический анализ выполнен в программах MS Excel и IBM SPSS 23.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Доля успешных измерений AL на биометре Argos составила 100 % (368/368), на IOLMaster 700 — 99,2 % (365/368), однако данные различия были статистически не значимы ( $p = 0,25$ ).

Сравнение показателей двух биометров приведено в таблице 1. Показатели K1, K2, Km, ACD, LT и WTW были значимо выше на Argos по сравнению с IOLMaster 700, AL — значимо ниже.

Разделение пациентов на 3 группы проводили по AL (по данным IOLMaster 700): «короткие» глаза ( $AL \leq 22,0$  мм;  $n = 28$ ), «средние» глаза ( $22,0 < AL < 26,0$  мм;  $n = 232$ ), «длинные» глаза ( $AL \geq 26,0$  мм;  $n = 105$ ). AL на Argos в группах «средних» и «длинных» глаз была значимо ниже, чем на IOLMaster 700; в группе «коротких» глаз — значимо выше. В связи с выявлением различий в группе «средних» глаз ее дополнительно разделили на 4 подгруппы (по данным IOLMaster 700):  $22,0 < AL \leq 23,0$  мм ( $n = 68$ ),  $23,0 < AL < 24,0$  мм ( $n = 81$ ),  $24,0 \leq AL < 25,0$  мм ( $n = 57$ ),  $25,0 \leq AL < 26,0$  мм ( $n = 26$ ). Значимые различия в AL между двумя биометрами отсутствовали только в первой подгруппе, во всех остальных AL на Argos была значимо ниже, чем на IOLMaster 700 (табл. 2).

**К.В. Pershin, Н.Ф. Pashinova, А.Ю. Tsygankov, А.А. Panov**

Contact information: Tsygankov Alexander Yu. alextsygankov1986@yandex.ru

**Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry**

**Таблица 1.** Сравнение биометрических показателей Argos и IOLMaster 700**Table 1.** Comparison of biometric parameters of the Argos and IOLMaster 700

| Показатель<br>Parameter  | Argos                                | IOLMaster 700                       | p-значение<br>p-value |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| K1, дптр<br>K1, diopters | 43,53 ± 1,70                         | 43,46 ± 1,70                        | 3×10 <sup>-8</sup>    |
| K2, дптр<br>K2, diopters | 44,42 ± 1,67                         | 44,26 ± 1,65                        | 0                     |
| Km, дптр<br>Km, diopters | 43,97 ± 1,65                         | 43,87 ± 1,66                        | 2×10 <sup>-11</sup>   |
| AL, мм<br>AL, mm         | 24,03 (22,93; 26,12)<br>24,57 ± 2,19 | 24,1 (22,94; 26,27)<br>24,64 ± 2,26 | 0                     |
| ACD, мм<br>ACD, mm       | 3,27 ± 0,42                          | 3,15 ± 0,43                         | 0                     |
| LT, мм<br>LT, mm         | 4,56 ± 0,51                          | 4,51 ± 0,50                         | 7,8×10 <sup>-10</sup> |
| WTW, мм<br>WTW, mm       | 11,93 ± 0,45                         | 11,89 ± 0,48                        | 9,6×10 <sup>-5</sup>  |

Примечание: данные, имеющие нормальное распределение, представлены в виде «среднее ± стандартное отклонение»; не имеющие нормального распределения — медиана (нижний quartиль; верхний quartиль), а также «среднее ± стандартное отклонение». Note: Normally distributed data are presented as “mean ± standard deviation”; not normally distributed data are presented as “median (lower quartile; upper quartile)”, as well as “mean ± standard deviation”.

Разница K1 между Argos и IOLMaster 700 составила  $0,07 \pm 0,18$  дптр и значимо отличалась от 0 ( $p = 2,3 \times 10^{-12}$ ). Ширина 95 % LoA была равна 0,72 дптр (-0,29–0,43 дптр). Коэффициент линейной регрессии был незначимым ( $B = 0,007$ ,  $p = 0,227$ , рис. 1A). Выявлена сильная корреляция K1 между двумя биометрами ( $R = 0,994$ ,  $p = 0$ , рис. 1B).

Разница K2 между двумя биометрами также значимо отличалась от 0 и была равна  $0,15 \pm 0,21$  дптр

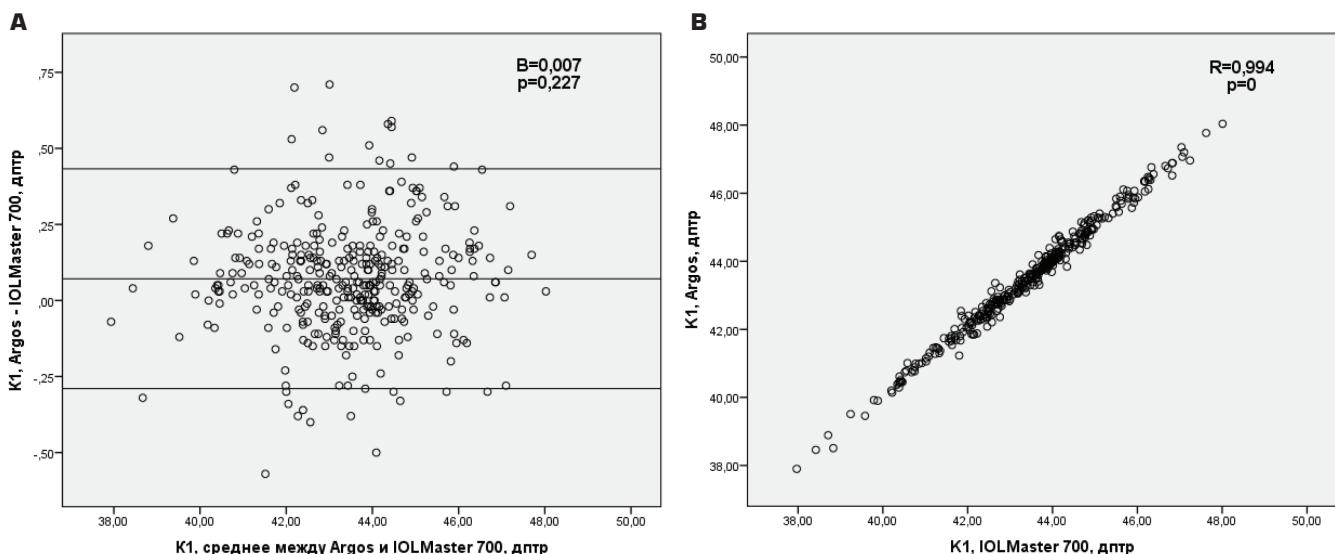
**Таблица 2.** Сравнение AL между Argos и IOLMaster 700 в разных подгруппах

| AL  | Argos                                | IOLMaster 700                        | p-значение<br>p-value |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| «Короткие» глаза:<br>AL ≤ 22,0 мм<br>“Short” eyes:<br>AL ≤ 22,0 mm                | 21,54 (21,37; 21,76)<br>21,52 ± 0,31 | 21,51 (21,28; 21,75)<br>21,5 ± 0,32  | 5,3×10 <sup>-5</sup>  |
| «Средние» глаза:<br>22,0 < AL ≤ 26,0 мм<br>“Average” eyes:<br>22,0 < AL ≤ 26,0 mm | 23,6 (22,84; 24,3)<br>23,65 ± 0,94   | 23,64 (22,87; 24,34)<br>23,69 ± 0,96 | 9,9×10 <sup>-14</sup> |
| «Длинные» глаза:<br>AL ≥ 26,0 мм<br>“Long” eyes:<br>AL ≥ 26,0 mm                  | 27,02 (26,28; 27,95)<br>27,41 ± 1,49 | 27,18 (26,39; 28,18)<br>27,57 ± 1,52 | 0                     |
| 22,0 < AL ≤ 23,0 мм<br>22,0 < AL ≤ 23,0 mm  | 22,58 (22,31; 22,81)<br>22,57 ± 0,27 | 22,59 (22,32; 22,82)<br>22,57 ± 0,28 | 0,81                  |
| 23,0 < AL ≤ 24,0 мм<br>23,0 < AL ≤ 24,0 mm  | 23,46 (23,27; 23,75)<br>23,5 ± 0,29  | 23,52 (23,31; 23,78)<br>23,53 ± 0,29 | 0                     |
| 24,0 < AL ≤ 25,0 мм<br>24,0 < AL ≤ 25,0 mm  | 24,36 (24,16; 24,65)<br>24,39 ± 0,29 | 24,47 (24,22; 24,78)<br>24,48 ± 0,3  | 6,1×10 <sup>-14</sup> |
| 25,0 < AL ≤ 26,0 мм<br>25,0 < AL ≤ 26,0 mm  | 25,24 (25,06; 25,66)<br>25,35 ± 0,32 | 25,51 (25,12; 25,76)<br>25,46 ± 0,34 | 3,8×10 <sup>-7</sup>  |

Примечание: данные приведены в виде «медиана (нижний quartиль; верхний quartиль)». Дополнительно представлены «среднее ± стандартное отклонение».

Note: data are presented as “median (lower quartile; upper quartile)”. Additionally, the “means ± standard deviations” are presented.

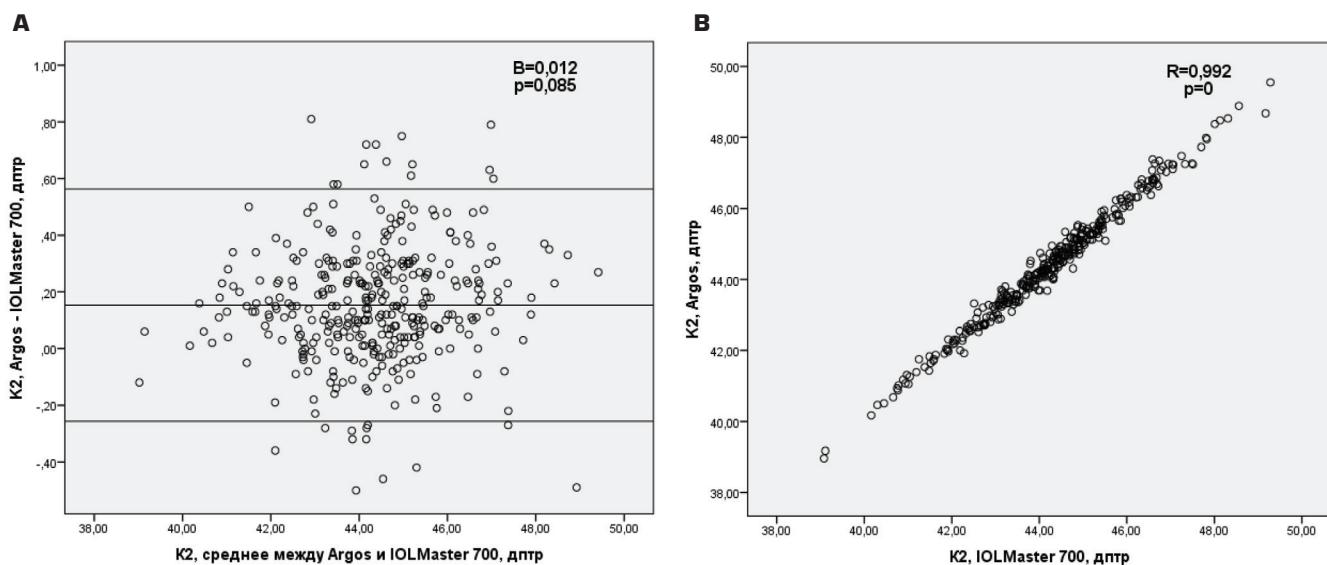
( $p = 1,2 \times 10^{-34}$ ). Ширина 95 % LoA составила 0,82 дптр (-0,26–0,56 дптр). Как и для показателя K1, коэффициент линейной регрессии был незначимым ( $B = 0,012$ ,  $p = 0,085$ , рис. 2A), при этом отмечена сильная корреляция показателя K2 на Argos и IOLMaster 700 ( $R = 0,992$ ,  $p = 0$ , рис. 2B).

**Рис. 1.** А — график Бланда — Альтмана для K1, измеренной на Argos и IOLMaster 700. В — корреляция K1 на Argos и IOLMaster 700**Fig. 1.** A — Bland — Altman plot for K1 measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of K1 on the Argos and IOLMaster 700

К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, А.А. Панов

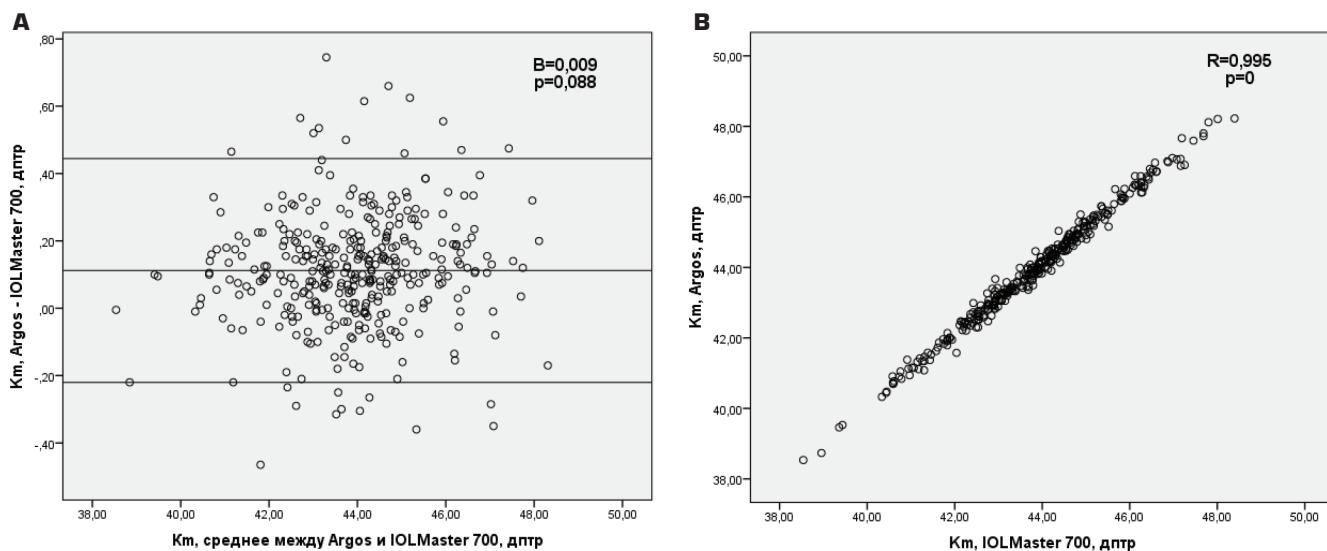
Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsyganov1986@yandex.ru

Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии



**Рис. 2.** А — график Бланда — Альтмана для K2, измеренной на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция K2 на Argos и IOLMaster 700

**Fig. 2.** A — Bland — Altman plot for K2 measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of K2 on the Argos and IOLMaster 700



**Рис. 3.** А — график Бланда — Альтмана для Km, измеренной на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция Km на Argos и IOLMaster 700

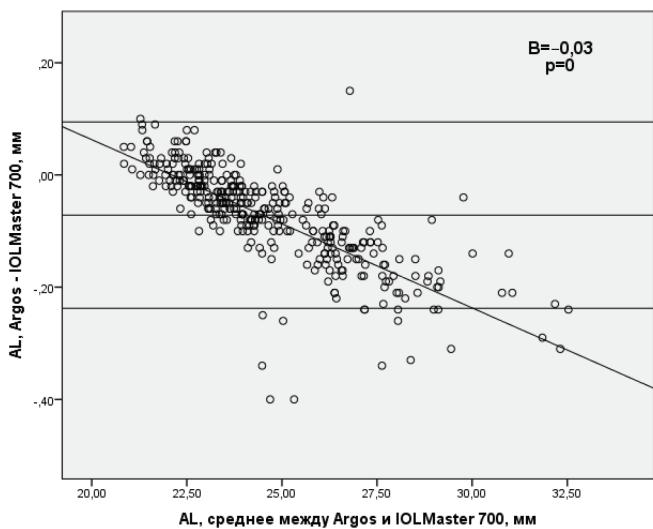
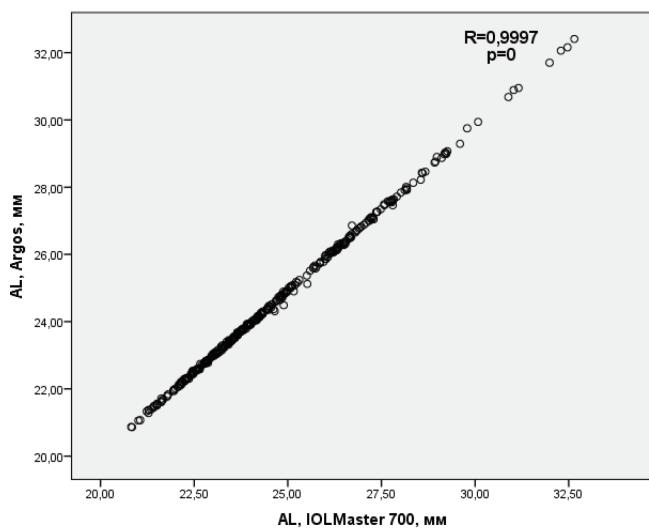
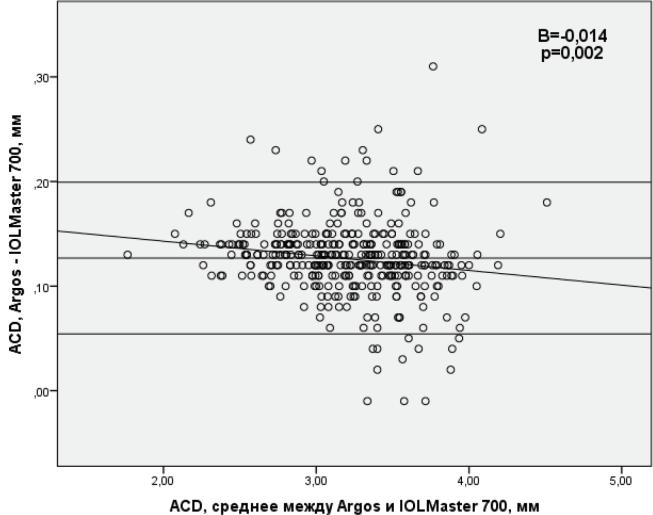
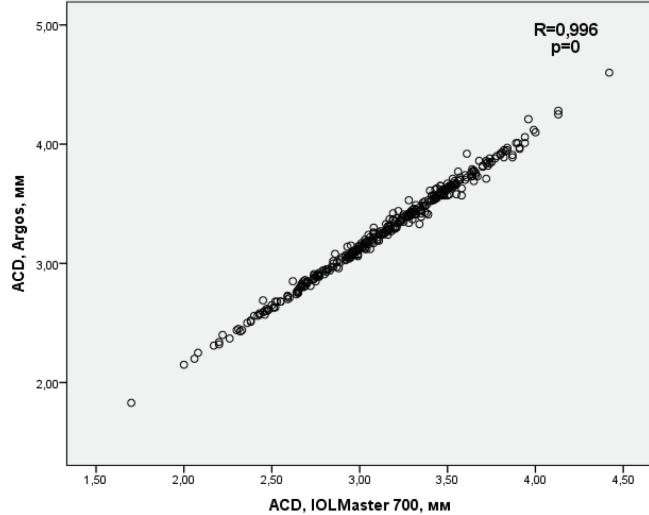
**Fig. 3.** A — Bland — Altman plot for Km measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of Km on the Argos and IOLMaster 700

Для Km были получены аналогичные результаты: разница данного показателя между Argos и IOLMaster 700 была равна  $0,11 \pm 0,17$  дптр и значимо отличалась от 0 ( $p = 1,2 \times 10^{-30}$ ), коэффициент регрессии был незначимым ( $B = 0,009$ ,  $p = 0,088$ , рис. 3А), была выявлена сильная корреляция показателя Km между двумя биометрами ( $R = 0,995$ ,  $p = 0$ , рис. 3В). Ширина 95 % LoA составила 0,66 дптр (-0,22–0,44 дптр).

Разница AL между Argos и IOLMaster 700 составила  $-0,07 \pm 0,08$  мм, что значимо отличалось от 0 ( $p = 0$ ). Ширина 95 % LoA: 0,33 мм (-0,24–0,09 мм). Для показателя

AL коэффициент линейной регрессии был значим ( $B = -0,03$ ,  $p = 0$ , рис. 4А). Отмечена сильная корреляция данного параметра между двумя биометрами ( $R = 0,9997$ ,  $p = 0$ , рис. 4В).

Разница показателя ACD между двумя биометрами составила  $0,13 \pm 0,04$  мм и значимо отличалась от 0 ( $p = 0$ ). Ширина 95 % LoA для ACD была низкой и составила 0,15 (0,05–0,2 мм). Как и в случае с AL, коэффициент линейной регрессии был значим ( $B = -0,014$ ,  $p = 0,002$ , рис. 5А), и была отмечена сильная корреляция ACD между Argos и IOLMaster 700 ( $R = 0,996$ ,  $p = 0$ , рис. 5В).

**A****B****Рис. 4.** А — график Бланда — Альтмана для AL, измеренной на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция AL на Argos и IOLMaster 700**Fig. 4.** A — Bland — Altman plot for AL measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of AL on the Argos and IOLMaster 700**A****B****Рис. 5.** А — график Бланда — Альтмана для ACD, измеренной на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция ACD на Argos и IOLMaster 700**Fig. 5.** A — Bland — Altman plot for ACD measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of ACD on the Argos and IOLMaster 700

Разница LT между двумя приборами была равна  $0,05 \pm 0,13$  мм и значимо отличалась от 0 ( $p = 8,4 \times 10^{-15}$ ). В отличие от AL и ACD коэффициент линейной регрессии для LT был незначимым ( $B = 0,016$ ,  $p = 0,223$ , рис. 6А), однако выявлена сильная корреляция показателя LT на Argos и IOLMaster 700 ( $R = 0,972$ ,  $p = 0$ , рис. 6В). Ширина 95 % LoA составила 0,51 мм (-0,2–0,31 мм).

Наконец, как и для всех остальных показателей, разница WTW между Argos и IOLMaster 700 значимо отличалась от 0 и составила  $0,03 \pm 0,15$  мм ( $p = 3,3 \times 10^{-5}$ ). Ширина 95 % LoA была равна 0,59 мм (-0,26–0,33 мм). Коэффициент линейной регрессии был незначимым

( $B = -0,006$ ,  $p = 0,747$ , рис. 7А). Как и для других анализируемых параметров, отмечена сильная корреляция WTW между двумя биометрами ( $R = 0,943$ ,  $p = 0$ , рис. 7В).

## ОБСУЖДЕНИЕ

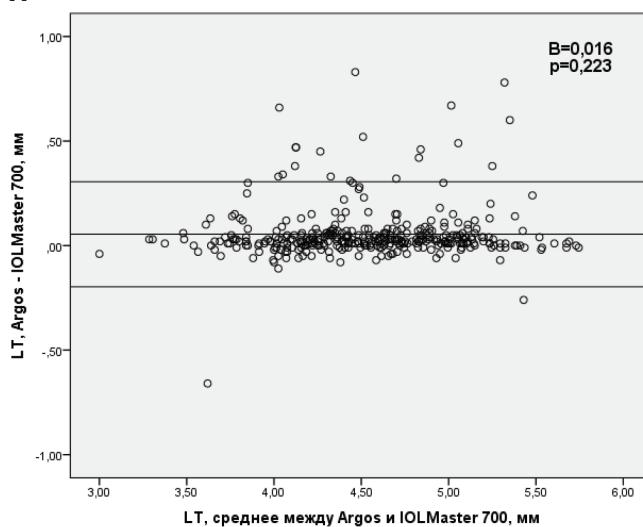
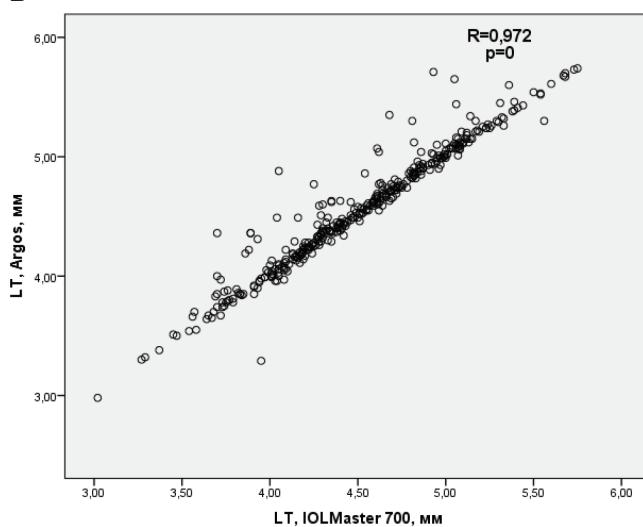
Полученные нами данные в целом согласуются с результатами других исследований и представлены в таблице 3.

Во всех опубликованных работах частота релевантного измерения AL на Argos равна или выше таковой на IOLMaster 700, что согласуется с результатами нашего исследования [4–6, 9, 15–19]. По данным литературы, при выраженных помутнениях хрусталика частота

Н.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, А.А. Панов

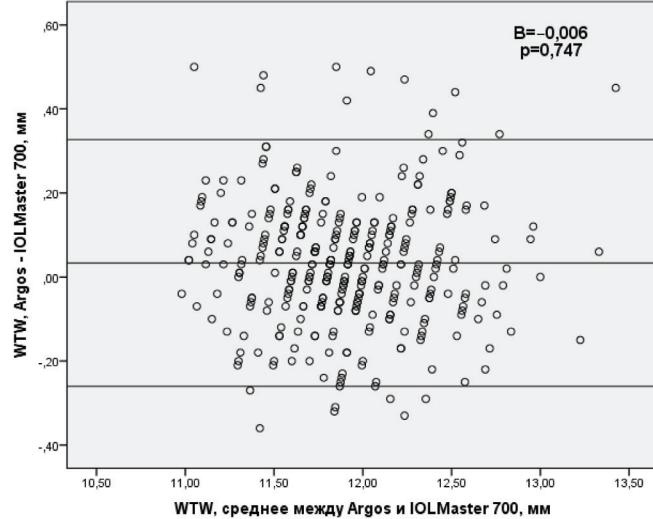
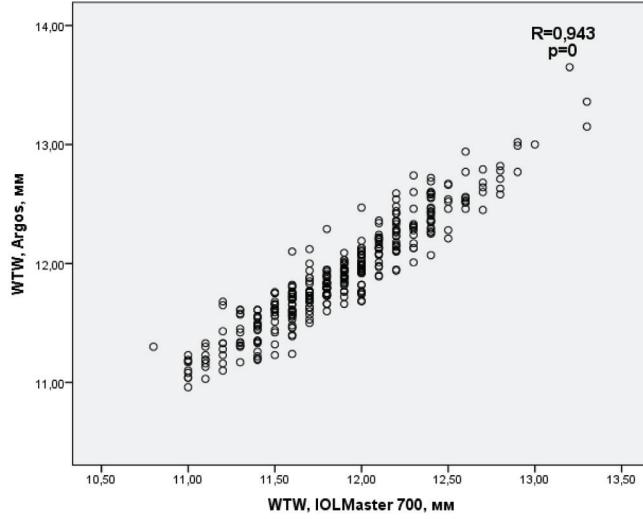
Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsyганков1986@yandex.ru

Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии

**A****B**

**Рис. 6.** А — график Бланда — Альтмана для LT, измеренной на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция LT на Argos и IOLMaster 700

**Fig. 6.** A — Bland — Altman plot for LT measured on the Argos and IOLMaster 700. B — correlation of LT on the Argos and IOLMaster 700

**A****B**

**Рис. 7.** А — график Бланда — Альтмана для WTW, измеренного на Argos и IOLMaster 700; В — корреляция WTW на Argos и IOLMaster 700

**Fig. 7.** A — Bland — Altman plot for WTW measured on the Argos and IOLMaster 700; B — correlation of WTW on the Argos and IOLMaster 700

успешного измерения AL при использовании Argos значительно больше, чем при применении IOLMaster 700 благодаря наличию режима усиленной визуализации сетчатки (Enhanced retinal visualization, ERV) [4, 5, 18, 19]. Данный режим работает аналогично режиму усиленной глубины визуализации (Enhanced depth imaging, EDI) на ОКТ. Референсная точка (точка с максимальной чувствительностью) смещается от витреоретинального интерфейса глубже в ткани, в сторону хориоиди. Таким образом, происходит усиление сигнала, что позволяет лучше визуализировать структуры глазного дна в условиях выраженной непрозрачности оптических сред. При этом формируется инвертированное

изображение, на котором хориоидия расположена в верхней части скана [5, 24]. Длина оптического пути, полученного в режиме ERV, суммируется с данными биометрии переднего отрезка глаза (до задней поверхности хрусталика), полученными в стандартном режиме [5, 9]. Другим преимуществом является формирование двумерного изображения глазного яблока на мониторе в процессе сканирования. У пациентов со зрелой катарактой может наблюдаться недостаточная зрительная фиксация. В таких случаях врач или оптометрист, проводящий биометрию на Argos, может направлять взгляд пациента в нужную сторону, чтобы добиться фовеолярной зрительной фиксации [5].

**К.В. Pershin, Н.Ф. Pashinova, А.Ю. Tsygankov, А.А. Panov**

Contact information: Tsygankov Alexander Yu. alextsygankov1986@yandex.ru

**Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry**

**Таблица 3.** Результаты других исследований по сравнению Argos и IOLMaster 700**Table 3.** Results of other studies comparing the Argos and IOLMaster 700

| Публикация<br>Publication   | Критерии включения<br>Inclusion criteria  | Количество глаз /<br>пациентов<br>Number of eyes /<br>patients | Argos        | IOLMaster 700 | p-значение<br>p-value | Ширина 95 %<br>LoA<br>95 % LoA<br>width | Коэффициент<br>корреляции<br>Correlation<br>coefficient |
|---|---|--|--------------|---------------|-----------------------|---|---|
| Частота релевантного измерения AL, %<br>Frequency of relevant AL measurement, % |   |  |              |               |                       |   |   |
| Yang, et al. [15]   | Катаракта<br>Cataract   | 146 / 83   | 97,9         | 97,9          | >0,05                 | -                                       | -   |
| Multack, et al. [16]  | Катаракта<br>Cataract   | 203 / 123  | 100          | 100           | >0,05                 | -                                       | -   |
| Huang, et al. [17]  | Катаракта<br>Cataract   | 171 / 119  | 99,42        | 97,08         | >0,05                 | -                                       | -   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]   | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)  | 51 / 51  | 100          | 98,04         | >0,05                 | -                                       | -   |
| Sabatino, et al. [6]  | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract  | 218 / 112  | 98,6         | 98,2          | >0,05                 | -                                       | -   |
| Kato, et al. [4]  | Катаракта<br>Cataract   | 361 / 361  | 100          | 98,6          | >0,05                 | -                                       | -   |
|   | Склероз ядра ≥ 4 степени<br>Nuclear sclerosis grade ≥ 4   | 41 / 41  | 100          | 87,8          | 0,007                 | -                                       | -   |
| Multack, et al. [18]  | Катаракта<br>Cataract   | 188 / 188  | 100          | 97            | 0,05                  | -                                       | -   |
|   | Зрелая катаракта (склероз ядра > 3 ст.<br>и/или LOCS III ≥ 4)<br>Dense cataract (nuclear sclerosis > 3 and/<br>or LOCS III ≥ 4) | 90 / 90  | 100          | 94,4          | <0,05                 | -                                       | -   |
| Tamaoki, et al. [5]   | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract  | 1969 / 1969  | 98,8         | 94,1          | <0,00001              | -                                       | -   |
|   | Плотность ядра ≥ 4 (по Emery-Little)<br>Nuclear density ≥ 4 (Emery-Little)  | 213 / 213  | 93,4         | 69,5          | <0,001                | -                                       | -   |
| Tamaoki, et al. [19]  | Катаракта<br>Cataract   | 622 / 622  | 97,6         | 92,6          | <0,0001               | -                                       | -   |
|   | Плотность ядра ≥ 4 (по Emery-Little)<br>Nuclear density ≥ 4 (Emery-Little)  | 99 / 99  | 89,9         | 63,6          | <0,0001               | -                                       | -   |
| K1, дптр<br>K1, diopters  |   |  |              |               |                       |   |   |
| Mendelez, et al. [20]   | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract  | 59 / 44  | 42,87 ± 1,60 | 42,75 ± 1,59  | 0,0021                | -                                       | 0,986   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]   | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)  | 51 / 51  | 43,53 ± 1,39 | 43,49 ± 1,41  | 0,915                 | 1,007                                   | -   |
| Montés-Micó, et al. [21]  | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract   | 150 / 150  | 43,22 ± 1,48 | 43,19 ± 1,48  | 0,099                 | 0,485                                   | -   |
| K2, дптр<br>K2, diopters  |   |  |              |               |                       |   |   |
| Mendelez, et al. [20]   | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract  | 59 / 44  | 44,90 ± 1,71 | 44,74 ± 1,70  | <0,0001               | -                                       | 0,984   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]   | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)  | 51 / 51  | 44,60 ± 1,35 | 44,51 ± 1,35  | 0,221                 | 1,182                                   | -   |
| Montés-Micó, et al. [21]  | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract   | 150 / 150  | 44,26 ± 1,59 | 44,14 ± 1,60  | <0,001                | 0,607                                   | -   |
| Km, дптр<br>Km, diopters  |   |  |              |               |                       |   |   |
| Yang, et al. [15]   | Катаракта<br>Cataract   | 146 / 83   | 43,99 ± 2,10 | 43,92 ± 2,14  | <0,05                 | -                                       | -   |
| Sabatino, et al. [6]  | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract  | 218 / 112  | 43,76 ± 1,77 | 43,71 ± 1,70  | 0                     | 0,9                                     | 0,983   |
| Kato, et al. [4]  | Катаракта<br>Cataract   | 361 / 361  | 44,43 ± 1,68 | 44,32 ± 1,67  | <0,0001               | -                                       | -   |
| Omoto, et al. [11]  | Катаракта<br>Cataract   | 106 / 106  | 44,06 ± 1,61 | 43,89 ± 1,60  | <0,001                | 0,75                                    | 0,9925  |
| Tamaoki, et al. [19]  | Катаракта<br>Cataract   | 622 / 622  | 44,60 ± 1,62 | 44,48 ± 1,61  | <0,0001               | -                                       | -   |

Продолжение таблицы 3 / Continuation of Table 3

| Публикация<br>Publication               | Критерии включения<br>Inclusion criteria   | Количество глаз /<br>пациентов<br>Number of eyes /<br>patients | Argos   | IOLMaster 700  | p-значение<br>p-value              | Ширина 95 %<br>LoA<br>95 % LoA<br>width | Коэффициент<br>корреляции<br>Correlation<br>coefficient |
|---|--|--|---|--|------------------------------------|---|---|
| AL, мм<br>AL, mm                        |  |  |   |  |                                    |   |   |
| Першин и соавт. [22]<br>Pershin, et al. | Пациенты как с катарактой, так и без нее (всего)<br>Patients with and without cataract (total)<br>AL < 22,0 мм<br>AL < 22,0 mm<br>22,0 ≤ AL ≤ 26,0 мм<br>22,0 ≤ AL ≤ 26,0 mm<br>AL > 26,0 мм<br>AL > 26,0 mm | 90 / 68<br>7 / 6<br>71 / 52<br>12 / 10                         | 24,07 ± 1,60<br>21,63 ± 0,21<br>23,83 ± 0,93<br>27,00 ± 1,16  | 24,14 ± 1,66<br>21,60 ± 0,22<br>23,90 ± 0,98<br>27,15 ± 1,17 | 0,000<br>0,017<br>0,000<br>0,003   | -                                       | -   |
| Porwolik, et al. [12]                   | Катаракта (всего)<br>Cataract (total)<br>AL < 22,5 мм<br>AL < 22,5 mm<br>22,5 ≤ AL ≤ 26,0 мм<br>22,5 ≤ AL ≤ 26,0 mm<br>AL > 26,0 мм<br>AL > 26,0 mm  | 105 / 105<br>26 / 26<br>74 / 74<br>5 / 5                       | 21,9 ± 0,59<br>23,56 ± 0,70<br>27,95 ± 2,62   | 21,80 ± 0,61<br>23,56 ± 0,71<br>28,10 ± 2,64                 | <0,001<br>>0,05<br><0,05           | -                                       | -   |
| Yang, et al. [15]                       | Катаракта (всего)<br>Cataract (total)<br>AL < 22,5 мм<br>AL < 22,5 mm<br>22,5 ≤ AL < 26,0 мм<br>22,5 ≤ AL < 26,0 mm<br>AL ≥ 26,0 мм<br>AL ≥ 26,0 mm  | 89 / -<br>17 / -<br>60 / -<br>12 / -                           | 24,19 ± 1,92<br>22,20 ± 0,33<br>23,79 ± 0,87<br>27,92 ± 2,0   | 24,22 ± 1,96<br>22,13 ± 0,33<br>23,81 ± 0,89<br>28,03 ± 2,08 | <0,001<br><0,001<br>0,062<br>0,005 | -                                       | -   |
| Savini, et al. [23]                     | Катаракта, AL ≥ 24,0 мм<br>Cataract, AL ≥ 24,0 mm  | 102 / 55   | 26,90 ± 1,61  | 27,01 ± 1,65   | <0,001                             | -                                       | -   |
| Huang, et al. [17]                      | Катаракта<br>Cataract  | 138 / -  | 23,26 ± 1,04  | 23,26 ± 1,07   | >0,05                              | -                                       | -   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]                 | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)   | 51 / 51  | 23,94 ± 1,97  | 23,98 ± 2,06   | 0,701                              | 0,342                                   | -   |
| Montés-Micó, et al. [21]                | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract  | 150 / 150  | 24,10 ± 1,34  | 24,08 ± 1,38   | 0,999                              | 0,212                                   | -   |
| Sabatino, et al. [6]                    | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract   | 218 / 112  | 23,78 ± 1,26  | 23,79 ± 1,30   | 0,07                               | 0,24                                    | 0,999   |
| Kato, et al. [4]                        | Катаракта<br>Cataract  | 349 / 349  | 24,34 ± 1,88  | 24,35 ± 1,93   | >0,05                              | 0,26                                    | -   |
| Omoto, et al. [11]                      | Катаракта (всего)<br>Cataract (total)<br>22,0 ≤ AL < 26,0 мм<br>22,0 ≤ AL < 26,0 mm<br>AL ≥ 26,0 мм<br>AL ≥ 26,0 mm  | 106 / 106<br>76 / 76<br>30 / 30                                | 25,14 ± 1,90<br>24,16 ± 1,08<br>27,64 ± 1,01  | 25,22 ± 1,95<br>24,20 ± 1,11<br>27,79 ± 1,04                 | <0,001<br><0,001<br><0,001         | 0,27                                    | 0,9999  |
| Tamaoki, et al. [19]                    | Катаракта (всего)<br>Cataract (total)<br>AL < 22,0 мм<br>AL < 22,0 mm<br>22,0 ≤ AL < 26,0 мм<br>22,0 ≤ AL < 26,0 mm<br>AL ≥ 26,0 мм<br>AL ≥ 26,0 mm  | 571 / 571<br>39 / 39<br>457 / 457<br>75 / 75                   | 24,02 ± 1,75<br>24,09 ± 1,81<br>Числовые значения не приведены,<br>но в группе AL < 22,0 мм AL больше на Argos,<br>в остальных группах — на IOLMaster 700<br>Numerical values are not given, but in<br>AL < 22,0 mm group AL is greater on the Argos,<br>in the other groups — on the IOLMaster 700 | <0,0001<br>0,046<br>0,0001<br><0,0001                        | 0,33                               | -                                       |   |
| ACD, мм<br>ACD, mm                      |  |  |   |  |                                    |   |   |
| Porwolik, et al. [12]                   | Катаракта<br>Cataract  | 105 / 105  | 3,06 ± 0,48   | 2,92 ± 0,46  | <0,001                             | -                                       | -   |
| Yang, et al. [15]                       | Катаракта<br>Cataract  | 146 / 83   | 3,14 ± 0,45   | 3,13 ± 0,45  | >0,05                              | -                                       | -   |
| Micheletti et al. [2]                   | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract  | 408 / 204  | 3,18 ± 0,31   | 3,19 ± 0,90  | -                                  | -                                       | -   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]                 | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)   | 51 / 51  | 3,28 ± 0,37   | 3,14 ± 0,37  | <0,001                             | 0,307                                   | -   |
| Montés-Micó, et al. [21]                | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract  | 150 / 150  | 3,58 ± 0,34   | 3,52 ± 0,35  | <0,001                             | 0,349                                   | -   |
| Sabatino, et al. [6]                    | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract   | 218 / 112  | 3,31 ± 0,43   | 3,19 ± 0,44  | 0                                  | 0,44                                    | 0,969   |

К.В. Pershin, Н.Ф. Pashinova, А.Ю. Tsygankov, А.А. Panov

Contact information: Tsygankov Alexander Yu. alextsygankov1986@yandex.ru

Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry

Продолжение таблицы 3 / Continuation of Table 3

| Публикация<br>Publication | Критерии включения<br>Inclusion criteria                                       | Количество глаз /<br>пациентов<br>Number of eyes /<br>patients | Argos        | IOLMaster 700 | p-значение<br>p-value | Ширина 95 %<br>LoA<br>95 % LoA<br>width | Коэффициент<br>корреляции<br>Correlation<br>coefficient |
|---------------------------|--|--|--------------|---------------|-----------------------|---|---|
| Kato, et al. [4]          | Катаракта<br>Cataract  | 361 / 361  | 3,24 ± 0,47  | 3,12 ± 0,47   | <0,0001               | –                                       | –   |
| Omoto, et al. [11]        | Катаракта<br>Cataract  | 106 / 106  | 3,33 ± 0,42  | 3,23 ± 0,42   | <0,001                | 0,19                                    | 0,9936  |
| Tamaoki, et al. [19]      | Катаракта<br>Cataract  | 622 / 622  | 3,18 ± 0,47  | 3,09 ± 0,47   | <0,0001               | –                                       | –   |
| LT, мм<br>LT, mm          |  |  |              |               |                       |   |   |
| Porwolik, et al. [12]     | Катаракта<br>Cataract  | 105 / 105  | 4,75 ± 0,46  | 4,72 ± 0,44   | 0,054                 | –                                       | –   |
| Yang, et al. [15]         | Катаракта<br>Cataract  | 146 / 83   | 4,56 ± 0,58  | 4,50 ± 0,60   | <0,05                 | –                                       | –   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]   | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)               | 51 / 51  | 4,6 ± 0,42   | 4,58 ± 0,41   | 0,005                 | 0,377                                   | –   |
| Montés-Micó, et al. [21]  | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract                            | 150 / 150  | 4,00 ± 0,44  | 3,89 ± 0,47   | <0,001                | 0,392                                   | –   |
| Sabatino, et al. [6]      | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract | 218 / 112  | 4,46 ± 0,70  | 4,38 ± 0,70   | 0                     | 1,3                                     | 0,892   |
| Kato, et al. [4]          | Катаракта<br>Cataract  | 361 / 361  | 4,64 ± 0,41  | 4,61 ± 0,42   | <0,0001               | –                                       | –   |
| Omoto, et al. [11]        | Катаракта<br>Cataract  | 106 / 106  | 4,47 ± 0,44  | 4,46 ± 0,43   | 0,515                 | 0,29                                    | 0,9861  |
| Tamaoki, et al. [19]      | Катаракта<br>Cataract  | 622 / 622  | 4,65 ± 0,48  | 4,62 ± 0,48   | <0,0001               | –                                       | –   |
| WTW, мм<br>WTW, mm        |  |  |              |               |                       |   |   |
| Yang, et al. [15]         | Катаракта<br>Cataract  | 146 / 83   | 12,08 ± 0,69 | 11,73 ± 0,48  | <0,05                 | –                                       | –   |
| Micheletti et al. [2]     | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract                            | 408 / 204  | 12,10 ± 0,41 | 12,18 ± 0,43  | –                     | –                                       | –   |
| Tañá-Rivero, et al. [9]   | Зрелая катаракта (LOCS III ≥ 3)<br>Dense cataract (LOCS III ≥ 3)               | 51 / 51  | 11,85 ± 0,37 | 11,87 ± 0,40  | 0,168                 | 1,027                                   | –   |
| Montés-Micó, et al. [21]  | Пациенты без катаракты<br>Patients without cataract                            | 150 / 150  | 12,14 ± 0,39 | 12,19 ± 0,34  | 0,02                  | 0,615                                   | –   |
| Sabatino, et al. [6]      | Пациенты как с катарактой, так и без нее<br>Patients with and without cataract | 218 / 112  | 12,45 ± 1,04 | 12 ± 0,8      | 0                     | 2,45                                    | 0,542   |
| Kato, et al. [4]          | Катаракта<br>Cataract  | 361 / 361  | 11,68 ± 0,47 | 11,85 ± 0,45  | <0,0001               | –                                       | –   |

Наличие у Argos режима ERV в сочетании с более высокой скоростью сканирования, чем у других оптических биометров, позволяет экономить время и ресурсы на проведении ультразвуковой биометрии. Другой особенностью Argos является возможность интеграции с операционным микроскопом, фемтосекундным лазером, операционным аберрометром. Эти факторы в совокупности дают возможность ускорить рутинные рабочие процессы, что может снизить время ожидания пациентов в клинике и увеличить их удовлетворенность результатами медицинской помощи [18].

Во всех опубликованных работах показатели кератометрии (K1, K2 и Km) на Argos больше, чем на IOLMaster 700, что соответствует полученным нами данным [4, 6, 9, 11, 15, 19–21]. В одном исследовании [9] различия в K1 и K2 не достигают уровня статистической значимости — это можно объяснить малым объемом выборки (51 глаз). Argos измеряет кератометрию, анализируя данные с ОКТ-изображения роговицы и кольцевого светодиода (длина волны 850 нм) [13] из 16 точек диаметром 2,2 мм [8, 15,

25]. Производится анализ кривизны только передней поверхности роговицы [25]. IOLMaster 700 использует телесцинтическую кератометрию: на переднюю поверхность роговицы светодиодами (длина волны 950 нм) [8, 10] проецируются 18 точек, образующих 3 кольца диаметром 1,5, 2,5 и 3,2 мм [7, 15]. Анализируется согласованность данных от всех 18 точек для контроля качества, и для расчета ИОЛ используются данные от кольца диаметром 2,5 мм. На IOLMaster 700 также производится анализ кривизны задней поверхности роговицы по 6 меридиональным ОКТ-сканам. Однако общая кератометрия (с учетом и передней, и задней поверхности роговицы) на IOLMaster 700 отображается отдельно в показателях total keratometry (TK) [7]. На обоих биометрах по умолчанию применяется кератометрический индекс 1,3375 [15]. Тот факт, что K1, K2 и Km больше на Argos, чем на IOLMaster 700, можно объяснить меньшим диаметром кольца, по которому рассчитывается кератометрия (2,2 мм на Argos и 2,5 мм на IOLMaster 700), поскольку в норме кривизна роговицы уменьшается от центра к периферии [26].

В проведенном нами исследовании выявлены статистически значимые различия в AL как для всей выборки в целом, так и отдельно для «коротких» ( $AL \leq 22,0$  мм), «средних» ( $22,0 < AL < 26,0$  мм) и «длинных» глаз ( $AL \geq 26,0$  мм). В единичных иностранных исследованиях не показано значимых различий в AL между двумя биометрами для всей выборки в целом (без разделения на отдельные подгруппы) [4, 6, 9, 17, 21]. Даные различия можно объяснить меньшим объемом выборки в указанных работах, а также разной долей глаз в том или ином диапазоне AL в выборках разных исследований, поскольку, как мы выяснили, AL на Argos и IOLMaster 700 в диапазоне 22,0–23,0 мм не отличается, в диапазоне  $\leq 22,0$  мм AL на Argos больше, чем на IOLMaster 700, в диапазоне  $> 23,0$  мм — больше на IOLMaster 700. Это косвенно подтверждает исследование Sabatino и соавт., что при анализе всех глаз не выявлено значимых различий в AL: Argos  $23,78 \pm 1,26$  мм, IOLMaster 700  $23,79 \pm 1,3$  мм,  $p = 0,07$ . Однако при анализе правых и левых глаз отдельно статистически значимые различия были обнаружены для левых глаз: Argos  $23,78 \pm 1,3$  мм, IOLMaster 700  $23,8 \pm 1,34$  мм,  $p = 0,04$  [6].

Во всех работах, в которых проводилось разделение выборки на подгруппы по AL на «короткие», «средние» и «длинные» глаза, AL на Argos в группе «коротких» глаз была значимо больше, а в группе «длинных» глаз — меньше по сравнению с AL на IOLMaster 700, несмотря на то что в исследованиях применялись разные определения «коротких» глаз ( $AL < 22,5$  мм или  $AL < 22,0$  мм) [11, 12, 15, 19]. В группе «средних» глаз в двух исследованиях разница AL на двух биометрах была статистически не значима [12, 15], однако в двух других, более крупных, была значимо ниже на Argos, как и в нашем исследовании [11, 19]. Результаты, полученные в этой работе, полностью соответствуют данным из нашего более раннего исследования как для всей выборки пациентов, так и в подгруппах для «коротких», «средних» и «длинных» глаз [22].

Описанное отличие в AL между двумя биометрами объясняется различными принципами измерения. Как отмечено выше, Argos основан на принципе сегментной оптической биометрии: применяются дифференцированные рефракционные индексы для роговицы, влаги передней камеры глаза, хрусталика и стекловидного тела [12]. Как на Argos, так и на IOLMaster 700, изначальное измерение AL (точнее, длина оптического пути) производится от слезной пленки до пигментного эпителия сетчатки [8, 11].

В IOLMaster 700 длина оптического пути для всего глаза (AL) и отдельных его частей (CCT, ACD, LT) переводится в геометрическую длину по неопубликованному методу с применением эквивалентного рефракционного индекса (сведения о котором также не опубликованы). После математической обработки отображается AL от слезной пленки до внутренней пограничной мембраны. AL на IOLMaster 700 является средним значением трех измерений в каждом из 6 меридианов [11].

На Argos геометрическая длина того или иного «сегмента» вычисляется путем деления оптической длины «сегмента» на соответствующий рефракционный индекс. Argos принимает толщину сетчатки в фовеа равной 300 мкм [25] и вычитает это значение из геометрического расстояния между слезной пленкой и пигментным эпителием сетчатки. Таким образом, на Argos, как и на IOLMaster 700, отображается AL от слезной пленки до внутренней пограничной мембраны [11].

В «длинных» глазах большую долю в AL занимает стекловидное тело, а в «коротких» глазах — хрусталик. Вероятно, в таких глазах корректнее применять сегментную биометрию с дифференцированными рефракционными индексами. В «средних» глазах возможно применять усредненный рефракционный индекс [15]. Единичные исследования свидетельствуют о том, что сегментная биометрия лучше отражает реальную анатомию глазного яблока: в работе Kato и соавт. сравнивали AL на Argos и IOLMaster 700 до и после хирургии катаракты. На Argos AL не изменилась после операции, в то время как на IOLMaster 700 она статистически значимо уменьшилась во всей выборке и в большей степени у пациентов со зрелой катарактой (со склерозом ядра 4 степени и выше) [4]. В похожем исследовании Tamaoki и соавт. AL на обоих биометрах была больше до операции, чем после нее, однако разница на Argos была значимо ниже [5].

Из 9 найденных нами работ в 7 [4, 6, 9, 11, 12, 19, 21] ACD на Argos была значимо больше, чем на IOLMaster 700, как и в нашем исследовании [2, 4, 6, 9, 11, 12, 15, 19, 21]. Во всех обнаруженных нами работах LT на Argos была больше, чем на IOLMaster 700, что согласуется с результатами нашего исследования [4, 6, 9, 11, 12, 15, 19, 21], однако в двух из них различия не достигли уровня статистической значимости [11, 12]. Данные отличия в ACD и LT между двумя биометрами можно объяснить разными принципами работы двух приборов: применение усредненного и дифференцированных рефракционных индексов [11].

В опубликованных научных статьях, сравнивающих WTW на Argos и IOLMaster 700, описаны различные результаты: в одних работах этот показатель значимо больше на Argos [6, 15], как и в нашем исследовании, в других — больше на IOLMaster 700 [2, 4, 9, 21]. Для измерения диаметра роговицы на Argos производится анализ ОКТ-изображения переднего отрезка глаза: на горизонтальном радиальном скане определяются зоны соединения задней поверхности роговицы и радужки, измеряется расстояние между ними, то есть фактически определяется расстояние «от угла до угла» (angle-to-angle) [8, 15]. На IOLMaster 700 WTW определяется как горизонтальный диаметр видимой радужки на изображении переднего отрезка глаза en face [10, 27]. Вероятно, источником противоречий между результатами разных исследований являются особенности выборок: выраженность хирургического лимба и его ширина, наличие периферических помутнений роговицы,

например *arcus senilis*, достаточно широко распространенной среди пожилых людей. Поскольку IOLMaster 700 фактически измеряет диаметр видимой радужки, и потеря прозрачности роговицы в зоне хирургического лимба является постепенной, могут возникать погрешности при определении истинного диаметра роговицы [3]. Аналогично, наличие периферических помутнений роговицы (*arcus senilis*) может приводить к неадекватной оценке диаметра роговицы на основании измерения WTW таким методом [28]. Поскольку Argos фактически измеряет расстояние от угла до угла на основании данных ОКТ переднего отрезка глаза, прозрачность периферической части роговицы не сказывается на измерении WTW. В связи с этим мы считаем Argos более точным по сравнению с IOLMaster 700 для определения диаметра роговицы.

Наличие статистически значимого коэффициента линейной регрессии для AL и ACD свидетельствует о том, что разница данных показателей между Argos и IOLMaster 700 находится в линейной зависимости от их величины. Судя по всему, это объясняется принципом работы биометра Argos — расчетом геометрического расстояния для ACD, LT, CCT и AL с использованием дифференцированных рефракционных индексов. Примечательно, что в нашем исследовании не выявлено значимого коэффициента линейной регрессии для LT. Мы предполагаем, это связано с тем, что рефракционный индекс хрусталика у разных пациентов различается в зависимости от вида помутнений и их выраженности [5, 11], поэтому использование универсального рефракционного индекса хрусталика (1,41) для всех пациентов вносит погрешность в измерение его линейного размера. Использование индивидуального рефракционного индекса хрусталика может повысить точность оптической биометрии [5]. Другие исследователи также обнаружили значимую линейную зависимость разницы AL между Argos и IOLMaster 700 от величины AL и пришли к выводу, что с увеличением AL разница этого показателя между двумя биометрами увеличивается [19, 23]. Мы можем несколько детализировать результаты нашего исследования: чем больше отклонение AL от диапазона 22,0–23,0 мм, тем больше разница AL между двумя биометрами. Нами также выявлена обратная зависимость разницы ACD от ее величины.

Как и в проведенном нами исследовании, в других работах выявлена сильная корреляция для всех биометрических показателей на Argos и IOLMaster 700, кроме WTW (возможные причины различий для WTW изложены выше) [6, 11, 20]. Полученные нами данные по 95 % LoA для K1, K2, Km, AL, ACD, LT и WTW соответствовали результатам других исследований [4, 6, 9, 11, 19, 21]. Несмотря на сильную корреляцию показателей на Argos и IOLMaster 700, мы считаем различия между двумя биометрами не только статистически, но и клинически значимыми (исходя из ширины 95 % LoA), в частности, в контексте расчета оптической силы ИОЛ. Так, ошибка оптической силы ИОЛ при погрешности измерения AL

на 1 мм составляет около 2,5–2,7 дптр на глазах с нормальной AL, при AL = 30 мм снижается до 1,75 дптр, а при AL = 20 мм увеличивается до 3,75 дптр [8, 29].

В нашем исследовании ширина 95 % LoA для AL составила 0,33 мм, поэтому разница оптической силы ИОЛ при использовании AL с Argos и IOLMaster 700 будет в пределах 0,8–0,9 дптр на глазах с нормальной AL (что выше шага оптической силы ИОЛ в 0,5 дптр), а на «коротких» глазах она может достигать 1,2 дптр. Разница кератометрии в 1 дптр приведет к разнице оптической силы ИОЛ в 1,4 дптр [8]. В нашем исследовании ширина 95 % LoA для Km составила 0,66 дптр, поэтому разница оптической силы ИОЛ может составить 0,9 дптр, что больше шага оптической силы ИОЛ. Аналогично: увеличение LT на 0,2 мм в среднем приводит к увеличению оптической силы ИОЛ на 0,2 дптр [8], в нашем исследовании ширина 95 % LoA для LT составила 0,51 мм, поэтому можно ожидать погрешность в оптической силе ИОЛ >0,5 дптр.

Различия в ACD в контексте расчета ИОЛ можно считать клинически незначимыми: ошибка в ACD на 1 мм приведет к ошибке оптической силы ИОЛ в 1,5 дптр [8], в нашем исследовании ширина 95 % LoA для ACD составила 0,15 мм, поэтому разница в оптической силе ИОЛ будет в пределах 0,23 дптр, что ниже шага оптической силы ИОЛ. Однако различия в ACD между двумя биометрами следует учитывать при оценке пациентов с закрытоугольной глаукомой и определении противопоказаний к имплантации факичных ИОЛ [6]. 95 % LoA для WTW оказался довольно широк (0,59 мм), что может повлиять на клинические решения: выбор размера факичной ИОЛ или диаметра контактных линз.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном нами исследовании отмечена более высокая частота релевантного измерения AL и значимо большие значения K1, K2, Km, ACD, LT и WTW на Argos по сравнению с IOLMaster 700. AL между двумя биометрами значимо не различалась только в диапазоне AL 22,0–23,0 мм. При AL < 22,0 мм этот показатель был больше на Argos, при AL > 23,0 мм — на IOLMaster 700. Чем больше отклонение AL от диапазона 22,0–23,0 мм, тем больше разница данного параметра между двумя биометрами. Обнаружена обратная зависимость разницы ACD между двумя биометрами от величины ACD. Различия в биометрических параметрах обусловлены различными механизмами их измерения на каждом из приборов. Вероятно, Argos имеет преимущество над IOLMaster 700 по частоте успешного измерения AL при зрелой катаракте и по точности измерения AL (по данным литературы). Различия в кератометрии, AL, ACD, LT и WTW на Argos и IOLMaster 700 клинически значимы и могут повлиять на принятие врачебных решений, в частности, на выбор оптической силы ИОЛ, что особенно важно для мультифокальных ИОЛ и ИОЛ с расширенной глубиной фокуса, при использовании которых требования к попаданию в планируемую рефракцию выше.

К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, А.А. Панов

Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsyganov1986@yandex.ru

Сравнение биометрических показателей при стандартной и сегментной оптической биометрии

**УЧАСТИЕ АВТОРОВ:**

Першин К.Б. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста, окончательное утверждение рукописи;  
Пашинова Н.Ф. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста;

Цыганков А. Ю. — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста;  
Панов А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

**ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES**

- Yu J, Wen D, Zhao J, Wang Y, Feng K, Wan T, Savini G, McAlinden C, Lin X, Niu L, Chen S, Gao Q, Ning R, Jin Y, Zhou X, Huang J. Comprehensive comparisons of ocular biometry: A network-based big data analysis. *Eye and Vis.* 2023;10(1): doi: 10.1186/s40662-022-00320-3.
- Michelletti JM, Hall B. Assessment of measurement variability across automated biometry devices. *J Cataract Refract Surg.* 2025;51(2):156–160. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001583.
- Bergmanson JP, Martinez JG. Size does matter: what is the corneo-limbal diameter? *Clinical and Experimental Optometry.* 2017;100(5):522–528. doi: 10.1111/cxo.12583.
- Kato Y, Ayaki M, Tanaka Y, Tamaoki A, Sakai Y, Ichikawa K, Ichikawa K. Comparison of accuracy and axial length acquisition success rate by three types of swept-source OCT-based biometers. *J Cataract Refract Surg.* 2024;51(4):287–293. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001601
- Tamaoki A, Kojima T, Hasegawa A, Yamamoto M, Kaga T, Tanaka K, Ichikawa K. Evaluation of Axial Length Measurement Using Enhanced Retina Visualization Mode of the Swept-Source Optical Coherence Tomography Biometer in Dense Cataract. *Ophthalmol Res.* 2021;64(4):595–603. doi: 10.1159/000515054.
- Sabatino F, Matarazzo F, Findl O, Maurino V. Comparative analysis of 2 swept-source optical coherence tomography biometers. *Journal of Cataract and Refractive Surgery.* 2019;45(8):1124–1129. doi: 10.1016/j.jcrs.2019.03.020.
- Jin A, Han X, Zhang J, Qiu X, Zhang Y, Qu B, Tan X, Luo L. Agreement of Total Keratometry and Posterior Keratometry Among IOLMaster 700, CASIA2, and Pentacam. *Trans Vis Sci Tech.* 2023;12(3):13. doi: 10.1167/tvst.12.3.13.
- 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. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000551.
- Tañá-Rivero P, Aguilar-Córdobas S, Tañá-Sanz P, Tañá-Sanz S, Montés-Micó R. Axial length acquisition success rates and agreement of four optical biometers and one ultrasound biometer in eyes with dense cataracts. *Eye and Vis.* 2023;10(1):35. doi: 10.1186/s40662-023-00352-3.
- [https://docs.nevacert.ru/files/med\\_reestr\\_v2/9319\\_instruction.pdf](https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/9319_instruction.pdf)
- Omoto MK, Torii H, Masui S, Ayaki M, Tsubota K, Negishi K. Author Correction: Ocular biometry and refractive outcomes using two swept-source optical coherence tomography-based biometers with segmental or equivalent refractive indices. *Sci Rep.* 2020;10(1):13181. doi: 10.1038/s41598-020-69871-6.
- Porwolik M, Porwolik A, Mrukwa-Kominek E. Evaluation of Selected Biometric Parameters in Cataract Patients—A Comparison between Argos® and IOLMaster 700®. Two Swept-Source Optical Coherence Tomography-Based Biometers. *Medicina.* 2024;60(7):1057. doi: 10.3390/medicina60071057.
- [https://docs.nevacert.ru/files/med\\_reestr\\_v2/70602\\_instruction.pdf](https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/70602_instruction.pdf)
- Морина НА, Майорова АМ, Агафонов СГ. Сравнительная оценка измерений оптических биометров IOLMaster 700 и LENSTAR LS 900. Современные технологии в офтальмологии. 2019;4:181–184. doi: 10.25276/2312-4911-2019-4-181-184.
- Morina NA, Maiorova AM, Agafonov SG. Comparison of ocular biometry measurements by IOLMaster 700 and LENSTAR LS 900. Modern technologies in ophthalmology. 2019;4:181–184 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2019-4-181-184.
- Yang CM, Lim DH, Kim HJ, Chung TY. Comparison of two swept-source optical coherence tomography biometers and a partial coherence interferometer. *PLoS ONE.* 2019;14(10):e0223114. doi: 10.1371/journal.pone.0223114.
- Multack S, Plummer N, Marneris A, Hall B. A Retrospective Trial Comparing Prediction Accuracy of Three Biometers in Short, Medium, and Long Eyes. *Clin Ophthalmol.* 2025;19:577–583. doi: 10.2147/OPTH.S487889.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Першин Кирилл Борисович  
доктор медицинских наук, профессор, медицинский директор сети клиник, профессор кафедры офтальмологии  
<https://orcid.org/0000-0003-3445-8899>

Пашинова Надежда Федоровна  
доктор медицинских наук, профессор, главный врач, профессор кафедры офтальмологии  
<https://orcid.org/0000-0001-5973-0102>

Цыганков Александр Юрьевич  
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, научный референт медицинского директора сети клиник  
<https://orcid.org/0000-0001-9475-3545>

Панов Андрей Алексеевич  
врач-офтальмолог, аспирант кафедры офтальмологии  
<https://orcid.org/0000-0002-2547-5913>

**ABOUT THE AUTHORS**

Pershin Kirill B.  
MD, Professor, medical director, Ophthalmology Faculty Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-3445-8899>

Pashinova Nadezhda F.  
MD, Professor, chief physician, Ophthalmology Faculty Professor  
<https://orcid.org/0000-0001-5973-0102>

Tsygankov Alexander Yu.  
PhD, scientific advisor, ophthalmologist  
<https://orcid.org/0000-0001-9475-3545>

Panov Andrey A.  
ophthalmologist, postgraduate student  
<https://orcid.org/0000-0002-2547-5913>

**K.B. Pershin, N.F. Pashinova, A.Yu. Tsygankov, A.A. Panov**

Contact information: Tsygankov Alexander Yu. [alextsygankov1986@yandex.ru](mailto:alextsygankov1986@yandex.ru)

**Comparison of Biometric Parameters in Standard and Segmental Optical Biometry**