

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕФРАКЦИОННЫХ И КЛИНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДВУХЛИНЗОВОЙ И ОДНОЛИНЗОВОЙ ИМПЛАНТАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ВЫСОКОЙ МИОПИЕЙ

Абдурахимова Ф.К.<sup>1</sup>, Юсупов А.Ф.<sup>2</sup>

1. Свободный соискатель, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр микрохирургии глаза, офтальмохирург, глазная клиника «Саиф-Оптика», f.abdurakhimova@list.ru, +998(90)1127776, <https://orcid.org/0000-0001-9647-2114>
2. Доктор медицинских наук, профессор, директор Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза, yafoft@rambler.ru, +998(90)1859695, <https://orcid.org/0000-0002-4462-5091>

**Аннотация. Актуальность.** Миопия высокой степени может сопровождаться увеличением осевой длины глаза, что затрудняет точный расчёт интраокулярной линзы. Сравнение результатов двухлинзовой и однолинзовой имплантации представляет практический интерес для выбора оптимальной хирургической тактики. **Цель исследования.** Провести сравнительный анализ рефракционной точности двухлинзовой и однолинзовой имплантации интраокулярных линз (ИОЛ) при миопии высокой степени. **Материалы и методы.** Проспективное сравнительное нерандомизированное клиническое исследование, проведённое с января 2018 по декабрь 2025 года, включило 97 пациентов (100 глаз) с миопией высокой степени и осевой длиной  $\geq 28,00$  мм. Пациенты распределены на две группы: группа 1 (paired IOL, n=48) — имплантация двух монофокальных ИОЛ в капсульный мешок с целевой рефракцией  $-1,00$  до  $-1,50$  D; группа 2 (single IOL, n=52) — имплантация одной монофокальной ИОЛ с целевой рефракцией  $-0,25$  до  $-0,50$  D. Биометрия выполнялась на IOLMaster 700, расчёт оптической силы — по формулам Barrett Universal II и Kane. **Результаты.** Группы были сопоставимы по предоперационным параметрам: возраст ( $33,47 \pm 7,49$  vs  $34,82 \pm 6,94$  лет,  $p=0,36$ ), сферический эквивалент ( $-16,22 \pm 5,56$  vs  $-15,84 \pm 5,12$  D,  $p=0,72$ ), осевая длина ( $29,17 \pm 2,24$  vs  $28,92 \pm 2,08$  мм,  $p=0,58$ ). Через 5 лет средний остаточный сферический эквивалент составил  $-1,34 \pm 1,20$  D (paired IOL) и  $-0,48 \pm 0,86$  D (single IOL). Средняя абсолютная ошибка предсказания рефракции составила 0,68 D в группе paired IOL и 0,42 D в группе single IOL ( $p=0,004$ ). Рефракционная предсказуемость в пределах  $\pm 1,00$  D достигнута у 76,3% (paired IOL) и 94,2% (single IOL) глаз ( $p=0,01$ ). Группа single IOL продемонстрировала статистически значимое преимущество в точности и воспроизводимости результатов. **Заключение.** Двухлинзовая имплантация может рассматриваться как эффективная альтернатива однолинзовой имплантации у пациентов с высокой миопией в случаях, когда расчётная оптическая сила одной ИОЛ выходит за пределы стандартного диапазона доступных моделей или требует применения линз с экстремально низкой либо отрицательной оптической силой, несмотря на статистически меньшую рефракционную предсказуемость по сравнению с однолинзовой имплантацией.

**Ключевые слова:** миопия высокой степени, двухлинзовая имплантация, paired IOL, рефракционная предсказуемость, осевая длина глаза, фактоэмульсификация.

### Для цитирования:

Абдурахимова Ф.К., Юсупов А.Ф. Сравнительный анализ рефракционных и клинических результатов двухлинзовой и однолинзовой имплантации у пациентов с высокой миопией. Передовая офтальмология. 2026;17(2):28-31.

## YUQORI MIOPIYALI BEMORLARDA IKKI VA BIR LINZALI IMPLANTATSIYANING REFRAKSION VA KLINIK NATIJALARINI QIYOSIY TAHLIL QILISH

Abdurahimova F.K.<sup>1</sup>, Yusupov A.F.<sup>2</sup>

1. Erkin izlanuvchi, Respublika ixtisoslashtirilgan ko'z mikroxirurgiyasi ilmiy-amaliy tibbiyot markazi; oftalmoxirurg, «Saif-Optima» ko'z klinikasi, f.abdurakhimova@list.ru, +998(90)1127776, <https://orcid.org/0000-0001-9647-2114>
2. Tibbiyot fanlari doktori, professor, Respublika ixtisoslashtirilgan ko'z mikroxirurgiyasi ilmiy-amaliy tibbiyot markazi direktori, yafoft@rambler.ru, +998(90)1859695, <https://orcid.org/0000-0002-4462-5091>

**Annotatsiya. Dolzarbligi.** Yuqori darajali miopiya ko'zning o'q uzunligining ortishi bilan kechishi mumkin, bu esa intraokulyar linzaning optik kuchini aniq hisoblashni murakkablashtiradi. Ikki va bir linzali implantatsiya natijalarini qiyosiy baholash optimal jarrohlik taktikasini tanlash uchun amaliy ahamiyatga ega. **Tadqiqot maqsadi.** Yuqori darajali miopiyada ikki linzali va bir linzali intraokulyar linzalar (IOL) implantatsiyasining refraksion aniqligini qiyosiy tahlil qilish. **Materiallar va usullar.** 2018-yil yanvaridan 2025-yil dekabr gacha o'tkazilgan prospektiv qiyosiy randomizatsiyalanmagan klinik tadqiqotga yuqori darajali miopiya va o'q uzunligi  $\geq 28,00$  mm bo'lgan 97 nafar bemor (100 ta ko'z) kiritilgan. Bemorlar ikki guruhga bo'lingan: 1-guruh (juft IOL, n=48) - maqsadli refraksiyasi  $-1,00$  dan  $-1,50$  D gacha bo'lgan ikkita monofokal IOLni kapsula xaltasiga implantatsiya qilish; 2-guruh (yakka IOL, n=52) - maqsadli refraksiyasi  $-0,25$  dan  $-0,50$  D gacha bo'lgan bitta

monofokal IOLni implantatsiya qilish. **Natijalar.** Guruhlar operatsiyadan oldingi ko'rsatkichlar bo'yicha taqqoslandi: yosh ( $33,47 \pm 7,49$  vs  $34,82 \pm 6,94$  yosh,  $p=0,36$ ), sferik ekvivalent ( $-16,22 \pm 5,56$  vs  $-15,84 \pm 5,12$  D,  $p=0,72$ ), o'q uzunligi ( $29,17 \pm 2,24$  vs  $28,92 \pm 2,08$  mm,  $p=0,58$ ). 5 yildan so'ng o'rtacha qoldiq sferik ekvivalent  $-1,34 \pm 1,20$  D (juft IOL) va  $-0,48 \pm 0,86$  D (yakka IOL) ni tashkil etdi. Refraksiyani bashorat qilishning o'rtacha mutlaq xatosi paired IOL guruhida  $0,68$  D va single IOL guruhida  $0,42$  D ni tashkil etdi ( $p=0,004$ ).  $76,3\%$  (paired IOL) va  $94,2\%$  (single IOL) ko'zlarda  $\pm 1,00$  D oralig'idagi refraksiya bashoratga erishildi ( $p=0,01$ ). Single IOL guruhi natijalarning aniqligi va takrorlanuvchanligi bo'yicha statistik jihatdan sezilarli ustunlikni namoyish etdi. **Xulosalar.** Ikki linzali implantatsiya yuqori darajadagi miopiya bo'lgan bemorlarda, bitta IOLning hisoblangan optik kuchi mavjud modellarning standart diapazonidan tashqariga chiqqan yoki bir linzali implantatsiyaga nisbatan refraksiyaning statistik jihatdan pastroq bashoratlanishiga qaramay, o'ta past yoki manfiy optik kuchga ega linzalardan foydalanishni talab qilgan hollarda, bir linzali implantatsiyaga samarali muqobil sifatida ko'rib chiqilishi mumkin.

**Kalit so'zlar:** yuqori darajali miopiya, ikki linzali implantatsiya, juft IOL, refraksiya bashorat qilish, ko'zning o'q uzunligi, fakoemulsifikatsiya.

#### Iqtibos uchun:

Abdurakhimova F.K., Yusupov A.F. Yuqori miopiyali bemorlarda ikki va bir linzali implantatsiyaning refraksiya va klinik natijalarini qiyosiy tahlil qilish. Ilg'or oftalmologiya. 2026;17(2):28-31.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF REFRACTIVE AND CLINICAL OUTCOMES OF PAIRED VERSUS SINGLE INTRAOCULAR LENS IMPLANTATION IN PATIENTS WITH HIGH MYOPIA

Abdurakhimova F.K.<sup>1</sup>, Yusupov A.F.<sup>2</sup>

1. Independent Researcher, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Eye Microsurgery, Ophthalmic Surgeon, «Saif-Optima» Eye Clinic, f.abdurakhimova@list.ru, +998(90)1127776, <https://orcid.org/0000-0001-9647-2114>

2. Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Eye Microsurgery, yafoft@rambler.ru, +998(90)1859695, <https://orcid.org/0000-0002-4462-5091>

**Abstract. Relevance.** High myopia may be associated with increased axial eye length, making accurate intraocular lens power calculation challenging. A comparison of the outcomes of paired and single intraocular lens implantation is of practical importance for selecting the optimal surgical strategy. **Purpose of the study.** To perform a comparative analysis of refractive accuracy between paired and single intraocular lens (IOL) implantation in patients with high myopia. **Materials and methods.** A prospective comparative non-randomized clinical study was conducted from January 2018 to December 2025, including 97 patients (100 eyes) with high myopia and axial length  $\geq 28.00$  mm. Patients were divided into two groups: Group 1 (paired IOL,  $n=48$ ) underwent implantation of two monofocal IOLs into the capsular bag with a target refraction of  $-1.00$  to  $-1.50$  D; Group 2 (single IOL,  $n=52$ ) underwent implantation of a single monofocal IOL with a target refraction of  $-0.25$  to  $-0.50$  D. Biometry was performed using the IOLMaster 700, and IOL power calculation was based on the Barrett Universal II and Kane formulas. **Results.** Groups were comparable in preoperative parameters: age ( $33.47 \pm 7.49$  vs  $34.82 \pm 6.94$  years,  $p=0.36$ ), spherical equivalent ( $-16.22 \pm 5.56$  vs  $-15.84 \pm 5.12$  D,  $p=0.72$ ), and axial length ( $29.17 \pm 2.24$  vs  $28.92 \pm 2.08$  mm,  $p=0.58$ ). At 5 years postoperatively, the mean residual spherical equivalent was  $-1.34 \pm 1.20$  D in the paired IOL group and  $-0.48 \pm 0.86$  D in the single IOL group. The mean absolute prediction error was  $0.68$  D in the paired IOL group and  $0.42$  D in the single IOL group ( $p=0.004$ ). Refractive predictability within  $\pm 1.00$  D was achieved in  $76.3\%$  (paired IOL) and  $94.2\%$  (single IOL) of eyes ( $p=0.01$ ). The single IOL group demonstrated a statistically significant advantage in accuracy and reproducibility of outcomes. **Conclusions.** Paired IOL implantation may be considered an effective alternative to single IOL implantation in patients with high myopia when the calculated power of a single IOL falls outside the standard range of available models or requires lenses with extremely low or negative optical power, despite a statistically lower refractive predictability compared to single IOL implantation.

**Keywords:** high myopia, paired intraocular lens implantation, refractive predictability, axial length, phacoemulsification.

#### For citation:

Abdurakhimova F.K., Yusupov A.F. Comparative analysis of refractive and clinical outcomes of paired versus single intraocular lens implantation in patients with high myopia. Advanced ophthalmology. 2026;17(2):28-31.

**Актуальность.** Миопия высокой степени является одной из ведущих причин обратимого снижения зрения в мире. Прогнозируется увеличение её распространённости до 52% населения к 2050 году [1, 2]. Фактоэмульсификация прозрачного хрусталика с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) представляет собой эффективный метод коррекции, однако при длинной осевой длине биометрические формулы демонстрируют

сниженную точность с повышенным риском послеоперационных рефракционных ошибок, особенно гиперметропических сдвигов [3].

Особую сложность представляют пациенты с осевой длиной  $>28$  мм, у которых стандартные формулы расчёта ИОЛ показывают значительные отклонения от целевой рефракции [4]. Даже новейшие формулы, включая Barrett Universal II, Kane и EVO 2.0, при высокой миопии

Таблица 1. Предоперационные и расчётные характеристики пациентов

| Параметр               | Paired IOL (n=48)     | Single IOL (n=52) | p-знач. |
|------------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| Возраст, лет           | 33,47 ± 7,49          | 34,82 ± 6,94      | 0,36    |
| Сферический экв., D    | -16,22 ± 5,56         | -15,84 ± 5,12     | 0,72    |
| Осевая длина, мм       | 29,17 ± 2,24          | 28,92 ± 2,08      | 0,58    |
| Оптическая сила ИОЛ, D | 6,70±0,89 ± 4,63/2,02 | 3,24 ± 3,86       | —       |
| Целевая рефракция, D   | -1,09 ± 1,08          | -0,25 ± 0,42      | <0,001  |

достигают точности в пределах  $\pm 0,50$  D лишь у 74–82% пациентов [5]. Средняя абсолютная ошибка предсказания для Barrett Universal II составляет 0,342 D, для Kane – 0,318 D, для EVO 2.0 – 0,314 D [6].

Техника двухлинзовой имплантации (paired IOL) позволяет распределить требуемую оптическую силу между двумя линзами стандартного диапазона мощности, потенциально обеспечивая лучшие оптические характеристики при избегании использования ИОЛ с отрицательной или экстремально низкой оптической силой [7]. Однако прямые сравнительные данные о рефракционной предсказуемости данной методики при первичной коррекции высокой миопии в доступной литературе крайне ограничены.

**Цель исследования.** Сравнительный анализ рефракционной точности двухлинзовой и однолинзовой имплантации ИОЛ при миопии высокой степени.

**Материалы и методы исследования.** Проспективное сравнительное нерандомизированное клиническое исследование проводилось с января 2018 года по декабрь 2025 года. Исследование одобрено локальным этическим комитетом; все пациенты подписали информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

В исследование включены 97 пациентов (100 глаз) с миопией высокой степени (осевая длина  $\geq 28,00$  мм), распределённые на две группы:

- Группа 1 (paired IOL, n=48): имплантация двух монофокальных ИОЛ в капсульный мешок, целевая рефракция -1,00 до -1,50 D;
- Группа 2 (single IOL, n=52): имплантация одной монофокальной ИОЛ, целевая рефракция -0,25 до -0,50 D.

Биометрия и расчёт ИОЛ. Биометрия выполнялась на IOLMaster 700 (Carl Zeiss Meditec, Германия). Расчёт оптической силы проводился по формулам Barrett Universal II и Kane. Для двухлинзовой имплантации применялись специализированные калькуляторы с распределением мощности: первая линза +6,00 до +14,00 D, вторая линза -5,00 до +6,00 D. Средняя оптическая сила первой линзы в группе paired IOL составила  $6,70 \pm 4,63$  D (диапазон -5,00 до +14,50 D), второй линзы

- 0,89 ± 2,02 D (диапазон -5,00 до +6,00 D); в группе single IOL средняя оптическая сила составила  $3,24 \pm 3,86$  D (диапазон -4,50 до +12,00 D).

Статистический анализ. Статистическая обработка выполнена в SPSS 26.0 (IBM) и GraphPad Prism 9.0. Нормальность распределения оценивалась тестами Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Сравнение непрерывных переменных – t-тест Стьюдента или U-тест Манна–Уитни; категориальных –  $\chi^2$ -тест или точный тест Фишера. Уровень значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Группы были сопоставимы по основным предоперационным параметрам. Средний возраст составил 33,47 ± 7,49 лет (paired IOL) и 34,82 ± 6,94 лет (single IOL),  $p = 0,36$ . Предоперационный сферический эквивалент (SE): -16,22 ± 5,56 D vs -15,84 ± 5,12 D,  $p = 0,72$ . Средняя осевая длина: 29,17 ± 2,24 мм vs 28,92 ± 2,08 мм,  $p = 0,58$  (Таблица 1).

**Обсуждения.** Полученные данные демонстрируют приемлемую рефракционную точность обеих методик, при этом группа single IOL показала статистически значимое преимущество в предсказуемости. Средняя абсолютная ошибка в группе paired IOL была выше по сравнению с опубликованными результатами применения современных формул расчёта ИОЛ при однолинзовой имплантации: Barrett Universal II – 0,342 D, Kane – 0,318 D, EVO 2.0 – 0,314 D [8]. Это объясняется дополнительной вариабельностью расчёта при двухэтапном распределении оптической силы между двумя линзами. Рефракционная предсказуемость в пределах  $\pm 1,00$  D (94,2% в группе single IOL и 76,3% в группе paired IOL) согласуется с данными Gimbel и соавторов [9], сообщавших о предсказуемости 83–92% при piggyback-имплантации. Важно учитывать, что при экстремальной осевой длине  $> 32,0$  мм формулы Kane и Hill-RBF демонстрируют среднюю абсолютную ошибку 0,44–0,52 D [8, 9], что сопоставимо с нашими результатами при средней осевой длине 29,17 мм в группе paired IOL. Группа single IOL демонстрировала меньший гиперметропический сдвиг и более высокую воспроизводимость результатов. Тем не менее группа paired IOL обеспечивала приемлемую рефракционную точность с учётом большего диапазона осевой длины и более высокой доли экстремальных значений. Следует подчеркнуть, что запланированная миопическая

Таблица 2. Рефракционные результаты через 5 лет после операции

| Параметр                 | Paired IOL (n=48) | Single IOL (n=52) | p-значение |
|--------------------------|-------------------|-------------------|------------|
| Остаточный SE, D         | -1,34 ± 1,20      | -0,48 ± 0,86      | 0,001      |
| Средн. абс. ошибка, D    | 0,68              | 0,42              | 0,004      |
| В пределах ±0,50 D, %    | 52,6%             | 73,1%             | 0,04       |
| В пределах ±1,00 D, %    | 76,3%             | 94,2%             | 0,01       |
| Отклонение от целевой, D | -0,25 ± 0,62      | -0,23 ± 0,48      | 0,86       |

целевая рефракция около -1,00 D в группе paired IOL обеспечивала удовлетворительную НКОЗ на промежуточных дистанциях, что соответствовало ожиданиям молодых пациентов [10].

**Выводы.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что двухлинзовая имплантация может рассматриваться как эффективная

альтернатива однолинзовой имплантации у пациентов с высокой миопией в случаях, когда расчётная оптическая сила одной ИОЛ находится вне стандартного диапазона доступных моделей или требует применения линз с экстремально низкой либо отрицательной оптической силой.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENS

1. Castro, C., Ribeiro, B., Couto, I. M C., Abreu, A. C., Monteiro, S., & Pinto, M. D. C. (2024). Long-Term Refractive Outcomes and Visual Quality of Multifocal Intraocular Lenses Implantation in High Myopic Patients: A Multimodal Evaluation. *Clinical ophthalmology* (Auckland, N.Z.), 18, 365–375. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S447827>
2. Zhao, Y., Yang, F., Jiang, Y., Tong, W., Fang, J., & Zhao, Y. E. (2025). Visual Outcomes and IOL Stability After Panoptix Trifocal Intraocular Lens Implantation in Eyes With High Myopia. *Journal of refractive surgery* (Thorofare, N.J. : 1995), 41(1), e56–e64. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20241126-03>
3. Wang, X., Liu, S., Chen, Y., Gong, J., Wu, N., & Yao, Y. (2024). Extended depth of focus IOL in eyes with different axial myopia and targeted refraction. *BMC ophthalmology*, 24(1), 183. <https://doi.org/10.1186/s12886-024-03442-5>
4. Lin, L., Xu, M., Mo, E., Huang, S., Qi, X., Gu, S., Sun, W., Su, Q., Li, J., & Zhao, Y. E. (2021). Accuracy of Newer Generation IOL Power Calculation Formulas in Eyes With High Axial Myopia. *Journal of refractive surgery* (Thorofare, N.J. : 1995), 37(11), 754–758. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20210712-08>
5. Kane, J. X., Van Heerden, A., Atik, A., & Petsoglou, C. (2016). Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. *Journal of cataract and refractive surgery*, 42(10), 1490–1500. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.07.021>
6. Melles, R. B., Kane, J. X., Olsen, T., & Chang, W. J. (2019). Update on Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology*, 126(9), 1334–1335. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.04.011>
7. Ruiz-Alcocer, J., Pérez-Vives, C., Madrid-Costa, D., López-Gil, N., & Montés-Micó, R. (2012). Effect of simulated IOL tilt and decentration on spherical aberration after hyperopic LASIK for different intraocular lenses. *Journal of refractive surgery* (Thorofare, N.J. : 1995), 28(5), 327–334. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20120229-02>
8. Jiang, X., Wang, J., Jiang, Q., Zhou, X., Xia, F., & Gao, M. (2025). Comparative evaluation of traditional and AI-based intraocular lens power calculation formulas in highly myopic eyes. *BMC ophthalmology*, 25(1), 507. <https://doi.org/10.1186/s12886-025-04365-5>
9. Suzuki, Y., Kamo, K., Uramoto, K., & Ohno-Matsui, K. (2025). Artificial intelligence driven intraocular lens power calculation in extreme axial myopia. *Scientific reports*, 15(1), 36921. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20899-6>
10. Abulafia, A., Barrett, G. D., Rotenberg, M., Kleinmann, G., Levy, A., Reitblat, O., Koch, D. D., Wang, L., & Assia, E. I. (2015). Intraocular lens power calculation for eyes with an axial length greater than 26.0 mm: comparison of formulas and methods. *Journal of cataract and refractive surgery*, 41(3), 548–556. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.06.033>

## СОГЛАСИЕ ПАЦИЕНТА

Все пациенты были проинформированы о целях и задачах исследования и подписали добровольное информированное согласие на проведение обследования, хирургического лечения и использование обезличенных данных в научных целях.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено без привлечения внешнего финансирования.

## ВКЛАД АВТОРОВ

Юсупов А.Ф. - концепция и дизайн исследования, хирургическое лечение пациентов, научное руководство, критический анализ и редактирование рукописи.

Абдурахимова Ф.К. - сбор и обработка клинического материала, анализ литературных данных, статистическая обработка результатов, подготовка и оформление рукописи.