

DOI: <https://doi.org/10.57231/j.ao.2023.2.2.014>

УДК: 617.713–007.64–089.844

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕЧЕНИЯ КЕРАТОКОНУСА МЕТОДОМ ИМПЛАНТАЦИИ ИНТРАСТРОМАЛЬНЫХ РОГОВИЧНЫХ СЕГМЕНТОВ

Туйчибаева Д. М.<sup>1</sup>, Ким А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Доктор медицинских наук, доцент кафедры Офтальмологии, Ташкентский государственный стоматологический институт, [dilya.tuychibaeva@gmail.com](mailto:dilya.tuychibaeva@gmail.com), +998(90)930–07–80, <https://orcid.org/0000-0002-9462-2622>

<sup>2</sup> Базовый докторант кафедры Офтальмологии, Ташкентский государственный стоматологический институт, [kim.alexey87@gmail.com](mailto:kim.alexey87@gmail.com), +998(77)014–45–50, <https://orcid.org/0000-0003-0557-687X>

**Аннотация. Актуальность.** Кератоконус – распространенное асимметричное и обычно двустороннее эктатическое заболевание роговицы, характеризующееся прогрессирующим выпячиванием роговицы, что приводит к снижению остроты зрения и ухудшению оптических свойств. **Цель исследования.** Изучить возможности применения различных технологий имплантации ИРС при кератоконусе. **Материал и методы.** В статье представлен сравнительный анализ данных пациентов со II и III стадией кератоконуса (32 пациента, 32 глаза) после имплантации интрастромальных роговичных сегментов с фемтосекундным сопровождением и с мануальной техникой имплантации ИРС. **Результаты и заключение.** Рефракционные результаты дали сравнительно схожие картины по зрению. Преимущество фемтосекундного лазера заключались в технической простоте выполнения операции.

**Ключевые слова:** Кератоконус, интрастромальные роговичные сегменты, фемтосекундный лазер

### Для цитирования:

Туйчибаева Д. М., Ким А. А. Совершенствование лечения кератоконуса методом имплантации интрастромальных роговичных сегментов. Передовая офтальмология. 2023; 2(2):79-83.

## ИНТРАСТРОМАЛ ШОХ ПАРДА СЕГМЕНТЛАРИНИ ИМПЛАНТАЦИЯ ҚИЛИШ ОРҚАЛИ КЕРАТОКОНУСНИ ДАВОЛАШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Туйчибайева Д. М.<sup>1</sup>, Ким А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тиббиёт фанлари доктори, “Офтальмология” кафедраси доценти, Тошкент давлат стоматология институти; [dilya.tuychibaeva@gmail.com](mailto:dilya.tuychibaeva@gmail.com), +998(90)930–07–80, <https://orcid.org/0000-0002-9462-2622>

<sup>2</sup> Таянч докторант, “Офтальмология” кафедраси таянч докторанти, Тошкент давлат стоматология институти; [kim.alexey87@gmail.com](mailto:kim.alexey87@gmail.com), +998(77)014–45–50, <https://orcid.org/0000-0003-0557-687X>

**Аннотация. Долзарблиги.** Кератоконус шох парданинг кенг тарқалган ассиметрик ва одатда икки томонлама ектастик касаллиги бўлиб, шох парданинг прогрессив чиқиши билан тавсифланади, бу кўриш кескинлигининг пасайишига ва оптик хусусиятларнинг ёмонлашишига олиб келади. **Тадқиқот мақсади.** Кератоконусда ИРС имплантацияси учун турли технологиялардан фойдаланиш имкониятларини ўрганиш. **Материал ва усуллар.** Мақолада кератоконус ИИ ва ИИИ босқичлари (32 бемор, 32 кўз) бўлган беморларнинг фемтосекундли қўллаб-қувватлаш ва қўлда ИРС имплантацияси билан интрастромал шох парда сегментларини имплантациядан сўнг маълумотларининг қиёсий таҳлили келтирилган. **Натижа ва хулосалар.** Сিনিши натижалари нисбатан ўхшаш кўриш нақшларини берди. Фемтосекундли лазернинг афзаллиги операциянинг техник соддалиги еди.

**Калит сўзлар:** Кератоконус, интрастромал шох парда сегментлари, фемтосекунд лазер

### Иқтибос учун:

Туйчибаева Д. М., Ким А. А. Интрастромал шох парда сегментларини имплантация қилиш орқали кератоконусни даволашни такомиллаштириш. Илғор офтальмология. 2023; 2(2):79-83.

## IMPROVING THE TREATMENT OF KERATOCONUS BY IMPLANTATION OF INTRASTROMAL CORNEAL SEGMENTS

Tuychibaeva D. M.<sup>1</sup>, Kim A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Tashkent State Dental Institute, [dilya.tuychibaeva@gmail.com](mailto:dilya.tuychibaeva@gmail.com), +998(90)930–07–80, <https://orcid.org/0000-0002-9462-2622>

<sup>2</sup> Basic doctoral student of the Department of Ophthalmology, Tashkent State Dental Institute, [kim.alexey87@gmail.com](mailto:kim.alexey87@gmail.com), +998(77)014–45–50, <https://orcid.org/0000-0003-0557-687X>

**Annotation. Relevance.** Keratoconus is a common asymmetric and usually bilateral ectatic corneal disease characterized by progressive corneal protrusion, resulting in reduced visual acuity and deterioration of optical properties. **Purpose of the study.** To study the possibilities of using various technologies for IRS implantation in keratoconus. **Material and methods.** The article presents a comparative analysis of data from patients with stage II and III keratoconus (32 patients, 32 eyes) after implantation of intrastromal corneal segments with femtosecond support and with manual IRS implantation. **Results and conclusion.** The refractive results gave comparatively similar vision patterns. The advantage of the femtosecond laser was the technical simplicity of the operation.

**Key words:** Keratoconus, intrastromal corneal segments, femtosecond laser

#### For citation:

Tuychibaeva D. M., Kim A. A. Improving the treatment of keratoconus by implantation of intrastromal corneal segments. *Advanced ophthalmology.* 2023;2(2):79-83.

**Кератоконус** — распространенное асимметричное и обычно двустороннее эктатическое заболевание роговицы, характеризующееся прогрессирующим выпячиванием роговицы, что приводит к снижению остроты зрения и ухудшению оптических свойств [1]. Распространенность в общей популяции составляет 54 на 100 000 человек [2], и от 373 до более чем 250 в группах риска [4,5]. Кератоконус часто появляется в период полового созревания и прогрессирует до четвертого десятилетия жизни [2]. Доступны несколько терапевтических вариантов лечения кератоконуса, таких как контактные линзы, перекрестное связывание коллагена роговицы — кросслинкинг (CXL), имплантация внутрироговичных сегментов/колец (ICRS/ИРС), фоторефракционная кератэктомия (ФРК), интраокулярные линзы (ИОЛ) и послойная или сквозная кератопластика [6,7]. Терапевтические средства могут использоваться сами по себе или в комбинации с целью улучшения зрения или уменьшения прогрессирования эктазии [8]. В прошлом кератопластика была единственным методом улучшения остроты зрения у пациентов с непереносимостью контактных линз [9]. Однако этот способ вызывает массу осложнений, таких как отторжение или эндофтальмит. Для отсрочки кератопластики в 2000-х годах было предложено использование интрастромальных роговичных сегментов [11]. ИРС — это медицинские устройства, изготовленные из синтетического материала, имплантированные в строму роговицы и вызывающие изменение геометрии конуса [12]. Изначально они были разработаны для коррекции близорукости легкой и средней степени [13]. Имплантация ICRS является обратимой, простой операцией и признана хорошим хирургическим вариантом лечения кератоконуса [14]. Использование этих имплантатов направлено на минимизацию сфероцилиндрической ошибки за счет изменения центральной кривизны роговицы и уменьшения аберраций высшего порядка за счет регуляризации поверхности роговицы [15]. Тем не менее, отсутствие руководств по терапевтическому выбору и плохая предсказуемость визуальных, кератометрических и рефракционных результатов являются проблемами, с которыми сталкиваются офтальмологи, лечащие глаза с кератоконусом с помощью ИРС [16].

Механизм изменения кривизны роговицы при применении ИРС основан на так называемом законе толшины, описанном Барракером. Суть этого механизма заключается в том, что при интрастромальном дополнении определенного объема материала в парацентральные и периферические отделы роговицы происходит ее «уплощение» (и как следствие ослабление рефракции) в центральной зоне [17, 18, 19]. Использовались ИРС KERATASx.

Преимуществом имплантации ИРС по сравнению с другими методами кератопластики являются минимальное число осложнений, обратимость, отсутствие необходимости в донорском материале.

Все чаще при имплантации ИРС стали применять фемтосекундный лазер. Применение этого лазера является перспективным направлением в хирургии роговицы [20].

**Цель исследования.** Изучение возможностей применения различных технологий имплантации ИРС при кератоконусе.

**Материалы и методы исследования.** Хирургическое лечение проведено 32 пациентам (32 глаза) в возрасте от 20 до 51 года с кератоконусом II–III стадии по классификации Amsler-Krumeich. В 1-ю группу вошли 17 пациентов (17 глаз), с имплантацией интрастромальных сегментов с фемтосекундным сопровождением. Во 2-ю группу (15 пациентов, 15 глаз), которым для формирования тоннелей использовали мануальную технику.

Всем пациентам до и после операции определяли остроту зрения без коррекции, с максимальной коррекцией, проводили такие исследования как рефрактометрия, биомикроскопия, кератопахиметрия, кератотопография. Кератотопографию и пахиметрию проводили с помощью анализатора переднего отрезка глаза Oculyzer II фирмы Alcon (США), оптическую когерентную томографию роговицы на аппарате ОКТ Optovue (США), подсчет клеток эндотелия роговицы на эндотелиальном микроскопе SP-1P фирмы Topcon (Япония). Результаты хирургического лечения оценивали через 4 месяца, после стабилизации зрительных функций. Срок наблюдения за пациентами от 6 мес до 1,5 лет.

Имплантация ИРС направлено на достижение максимальной эмметропической рефракции, т. е.

максимального уменьшения сферического и астигматического компонентов с помощью подбора одного или двух сегментов определенной длины и поперечного сечения.

Для подбора необходимы следующие данные:

1) величина сферического и астигматического компонентов рефракции по данным определения максимальной остроты зрения (при остроте зрения ниже 0,5 – по результатам рефрактометрии);

2) данные топографической кератометрии. На топограмму наносят линию, соответствующую проекции сильно преломляющего меридиана, и по отношению к этой линии определяют локализацию зоны эктазии роговицы.

В алгоритме расчета заложены три варианта локализации зоны эктазии: целиком по одну сторону сильно преломляющего меридиана (1), по обе стороны этого меридиана в соотношении 1:1 (2) или 0,33:0,66 (3) соответственно. На основе перечисленных данных с помощью специальной таблицы находят параметры сегментов (количество, длину и высоту сечения) в каждом конкретном случае.

В зависимости от указанных выше параметров в настоящем исследовании высота сечения имплантированных сегментов составила от 150 до 350 мкм, а длина – от 90° до 160°. В 7 случаях был имплантирован один сегмент, а в 25 – два. Следует отметить, что в зависимости от высоты сечения сегмента существует минимальный «лимит» толщины роговицы, при котором возможно проведение операции. При минимальной толщине роговицы в зоне имплантации 250 мкм высота ИРС может быть не более 150 мкм, при 350 мкм – не более 200 мкм, при 420 мкм – 250 мкм, при 500 мкм – 300 мкм, при 580 мкм – 350 мкм.

Хирургические вмешательства выполняли в условиях местной инстилляционной анестезии. После маркировки оптического центра и центральной зоны диаметром 5 мм в меридиане с наибольшей оптической силой алмазным ножом выполняли радиальный разрез длиной 1–1,5 мм на глубину, соответствующую 70–80% толщины роговицы. При расчете глубины радиального надреза ориентировались на среднюю толщину роговицы в 5-миллиметровой зоне в проекции имплантации сегмента. При применении мануальной техники «из дна» надреза специальными тупоконечными расслаивателями с требуемым изгибом формировали два тоннеля необходимой длины по часовой стрелке и против, в которые имплантировали сегменты с рассчитанной по номограмме длиной и высотой поперечного сечения.

При применении фемтосекундного лазера параметры тоннеля (глубина и ширина), а также ось сильного меридиана роговицы, в проекции которого выполняли радиальный надрез на рассчитанную глубину, вводили в соответствующую программу лазера. Для фиксации глазного яблока на роговице располагали вакуумное кольцо, а затем – аплана-

ционную линзу, которая «продавливала» роговицу в сторону передней камеры, делая ее абсолютно плоской. Продолжительность формирования тоннеля с помощью фемтосекундного лазера составляла не более 7–10 с.

Далее с помощью шпателя «из дна» радиального надреза открывали вход в тоннель и имплантировали ИРС.

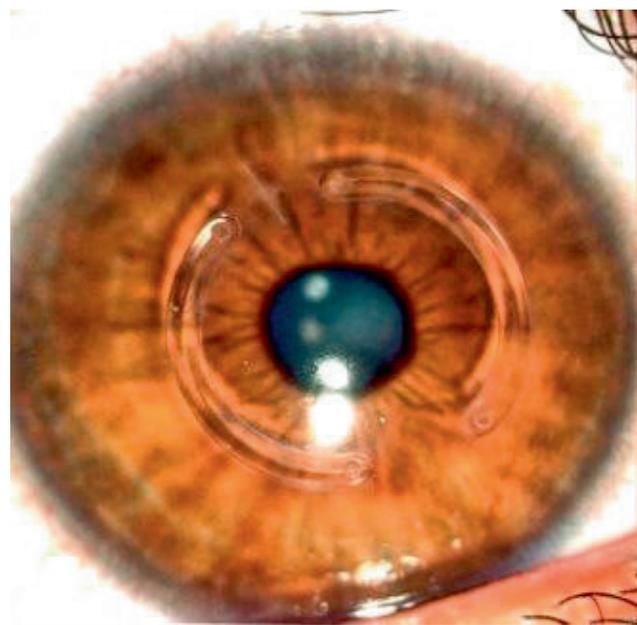
В качестве основных критериев оценки результатов вмешательства использовали правильность расположения сегментов в строме роговицы, данные визометрии, изменения рефракции, толщины и структуры роговицы.

Для статистической обработки результатов исследования применяли параметрические и непараметрические методы статистического анализа.

#### Результаты и их обсуждения.

Проведенное клиническое исследование продемонстрировало определенную эффективность и минимальную травматичность имплантации ИРС независимо от техники хирургического вмешательства. Каких-либо интраоперационных осложнений отмечено не было.

В первые дни после операции у всех пациентов отмечались светобоязнь и умеренно выраженное слезотечение. В большей степени эти симптомы были выражены в случаях применения мануальной техники формирования интрастромальных тоннелей. Транзиторный отек стромы роговицы отмечен в двух случаях после использования фемтосекундного лазера и в четырех случаях после мануальной техники формирования тоннелей. Децентрации и дислокации ИРС в обеих группах пациентов не наблюдалось (Рис. 1).



**Рис. 1. Биомикроскопическая картина переднего отдела глаза через 1 мес после операции имплантации ИРС**



Рис. 2. Оптическая когерентная томография роговицы в зоне имплантации ИРС

В одном случае после мануальной методики формирования тоннелей в результате истончения поверхностных слоев роговицы через 2 мес после хирургического вмешательства развилась экстрюзия одного из ИРС, из-за которой оба сегмента были удалены. При детальном анализе положения сегментов в строме роговицы выявлено, что их имплантация приводит к изменению не только передней, но и задней поверхности роговицы, что особенно наглядно иллюстрируют данные оптической когерентной томографии (рис. 2).

Как указывалось выше, оценку результатов имплантации ИРС проводили через 4 мес после хирургического вмешательства. В обеих группах пациентов после операции отмечалось существенное изменение рефракции роговицы в центральной зоне по данным топографического исследования. Качественно эти изменения обуславливали уплощение роговицы и как следствие уменьшение ее рефракции (Рис. 3).

Детальный количественный анализ этих изменений был затруднен из-за сохраняющейся (но выраженной в меньшей, чем до операции, степени) иррегулярности передней поверхности роговицы. Исходя из этого для анализа рефракционного эффекта операции использовали уменьшение сферического эквивалента и величины астигматизма по данным исследования клинической рефракции (Таблица 1).

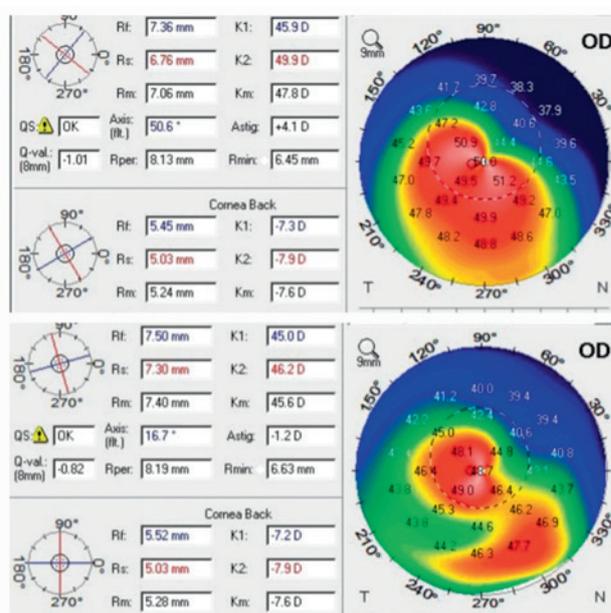


Рис. 3. Топограмма роговицы до (сверху) и после (снизу) имплантации ИРС

а сферический эквивалент – на 3,94 и 4,29 дптр соответственно.

Изменения рефракции способствовали существенному, статистически достоверному повышению как некорригированной, так и корригированной остроты (таблица 2).

Так, острота зрения без коррекции повысилась

Таблица 1.

Средние величины сферического эквивалента рефракции и астигматизма (M±m, дптр) до и после имплантации ИРС.

Группа	Сферический эквивалент		Астигматизм	
	До операции	После операции	До операции	После операции
1-я	-7,87±0,91	-0,56±0,59	5,13±0,79	2,67±0,53
2-я	-8,13±0,97	-3,78±0,63	5,27±0,83	2,89±0,63

Степень астигматизма уменьшилась в среднем на 2,35 дптр в 1-й группе и на 2,06 дптр во 2-й,

в 1-й группе на 0,37, а во 2-й на 0,35, а максимально корригированная острота зрения – на 0,23 и 0,20

**Таблица 2.**  
**Средние величины остроты зрения (M±m, дптр)**  
**без и с максимальной коррекцией очками до и после имплантации ИРС.**

Группа	До операции		После операции	
	Без коррекции	МКОЗ	Без коррекции	МКОЗ
1-я	0,16±0,1	0,53±0,31	0,45±0,16	0,68±0,24
2-я	0,13±0,09	0,48±0,28	0,43±0,22	0,63±0,21

соответственно. При этом практически во всех случаях максимальная очковая коррекция была переносимой.

При анализе кератопахиметрии выявлено увеличение толщины роговицы (около 0,18–0,20 мкм;  $p > 0,05$ ) в центральной зоне при любой технике операции.

Какие-либо заключения об эффективности имплантации ИРС в плане профилактики прогрессирования кератоконуса на основании полученных результатов сделать сложно. При максимальных сроках наблюдения до 2 лет в четырех случаях после операции отмечено уменьшение толщины центральной зоны роговицы с одновременным

увеличением ее оптической силы на 1–1,5 дптр, что было расценено как прогрессирование кератоконуса.

**Выводы:**

1. Рефракционные результаты практически не зависят от техники операции. Преимуществом фемтосекундного лазера является техническая простота формирования тоннеля

2. Имплантация интрастромальных сегментов позволяет уменьшить сферический и астигматический компонент рефракции. Данная методика улучшает переносимость очковой коррекции и позволяет улучшить качество жизни пациентов

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 1998;42:297–319.
- Romero-Jimenez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: a review. *Cont Lens Anterior Eye.* 2010;33:157–166; quiz 205.
- Hwang S, Lim DH, Chung TY. Prevalence and incidence of keratoconus in South Korea: a nationwide population-based study. *Am J Ophthalmol.* 2018;192:56–64.
- Godefrooij DA, de Wit GA, Uiterwaal CS, Imhof SM, Wisse RP. Age-specific incidence and prevalence of keratoconus: a nationwide registration study. *Am J Ophthalmol.* 2017;175:169–172.
- Torres Netto EA, Al-Otaibi WM, Hafezi NL et al. Prevalence of keratoconus in paediatric patients in Riyadh, Saudi Arabia. *Br J Ophthalmol.* 2018;102:1436–1441.
- Henein C, Nanavaty MA. Systematic review comparing penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for management of keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye.* 2017;40:3–14.
- Parker JS, van Dijk K, Melles GR. Treatment options for advanced keratoconus: a review. *Surv Ophthalmol.* 2015;60:459–480.
- Elsaftawy HS, Ahmed MH, Saif MY, Mousa R. Sequential intracorneal ring segment implantation and corneal transepithelial collagen crosslinking in keratoconus. *Cornea.* 2015;34:1420–1426.
- Olson RJ, Pingree M, Ridges R, et al. Penetrating keratoplasty for keratoconus: a long-term review of results and complications. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:987–991.
- Sharif KW, Casey TA. Penetrating keratoplasty for keratoconus: complications and long-term success. *Br J Ophthalmol.* 1991;75:142–146.
- Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:1117–1122.
- Vega-Estrada A, Alio JL. The use of intracorneal ring segments in keratoconus. *Eye Vis (London, England).* 2016;3:8.
- Burriss TE. Intrastromal corneal ring technology: results and indications. *Curr Opin Ophthalmol.* 1998;9:9–14.
- Fernandez-Vega Cueto L, Lisa C, Poo-Lopez A, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation in 409 paracentral keratoconic eyes. *Cornea.* 2016;35:1421–1426.
- Alio JL, Pinero DP, Daxer A. Clinical outcomes after complete ring implantation in corneal ectasia using the femtosecond technology: a pilot study. *Ophthalmology.* 2011;118:1282–1290.
- Haddad W, Fadlallah A, Dirani A, et al. Comparison of 2 types of intrastromal corneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:1214–1221.
- Tuychibaeva D. M. Main Characteristics of the Dynamics of Disability Due to Glaucoma in Uzbekistan. *Ophthalmology, Eastern Europe.* 2022;12.2:195–204. <https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.2.027>
- Tuychibaeva D. M. Longitudinal changes in the disability due to glaucoma in Uzbekistan. *J.ophthalmol. (Ukraine).* 2022;507.4:12–17. <http://doi.org/10.31288/oftalmolzh202241217>
- Tuychibaeva D. M., Yangieva N. R. Epidemiological and clinic-functional aspects the combined age – macular degeneration and glaucoma. *Advanced Ophthalmology.* 2023;1(1):159–165. DOI: <https://doi.org/10.57231/j.ao.2023.1.1.037>
- Tuychibaeva D. M., Kim A. A. Epidemiological aspects of keratoconus: a review of the literature. *Advanced Ophthalmology.* 2023;1(1):147–151. DOI: <https://doi.org/10.57231/j.ao.2023.1.1.035>

**Согласие пациента.**

Согласие пациента не требуется.

**Заявления.**

А. Заявление о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Б. Заявление о финансировании/поддержке.

Это исследование не получило какого-либо конкретного гранта от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

**Авторский вклад.**

Туйчибаева Д. М.: – концепция и дизайн исследования, написание и окончательное редактирование текста

Ким А. А.: – статистическая обработка и анализ данных, написание текста.