

Сравнительный анализ клинической эффективности интрастромальной кератопластики с применением цифрового разметочного устройства у пациентов с кератоконусом



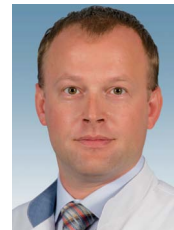
А.В. Терещенко



И.Г. Трифаненкова



Е.Н. Вишнякова



С.К. Демьянченко

Е.А. Николаев

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2020;17(1):42–48

Цель — провести сравнительный анализ клинической эффективности интрастромальной кератопластики (ИСКП) у пациентов с кератоконусом при проведении операции с применением цифрового разметочного устройства Verion и без него. **Пациенты и методы.** В исследование вошли 37 пациентов (50 глаз) с роговичным астигматизмом до $-5,0$ дптр, прооперированных методом фемтолазерной ИСКП с имплантацией роговичных сегментов. Средний возраст пациентов составил $27,96 \pm 3,40$ года. Срок наблюдения — от 3 до 12 месяцев. В зависимости от методики выполнения хирургического вмешательства: Verion-ассистированной с применением цифрового разметочного устройства и учетом угла циклоторсии или стандартного без учета угла циклоторсии — все пациенты были разделены на две группы. Соответственно, в первую основную группу вошло 28 глаз (56 %), во вторую контрольную группу — 22 глаза (44 %). **Результаты.** Функциональные результаты после ИСКП в обеих группах были достаточно высокими. В послеоперационном периоде к 3 месяцам отмечена стабилизация функциональных показателей и кератометрических данных. У пациентов основной группы выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение средней некорригированной остроты зрения до $0,50 \pm 0,16$, а остроты зрения с максимальной коррекцией — до $0,70 \pm 0,12$ ($p < 0,05$). Средние значения кератометрии слабого меридиана снизились до $44,3 \pm 1,4$ дптр, средние значения кератометрии сильного меридиана — до $50,8 \pm 3,2$ дптр. У пациентов контрольной группы отмечалось статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение средней некорригированной остроты зрения до $0,45 \pm 0,12$, а остроты зрения с максимальной коррекцией — до $0,60 \pm 0,17$. Средние значения кератометрии слабого меридиана снизились до $45,3 \pm 1,8$ дптр, средние значения кератометрии сильного меридиана — до $51,8 \pm 2,2$ дптр. Результаты векторного анализа достоверно свидетельствуют о значительно более высокой точности Verion-ассистированной ИСКП, что подтверждается достигнутыми показателями индекса «успеха», расчетного вектора астигматизма, приближенного к фактическому послеоперационному, меньшей величиной вектора разницы оси астигматизма по сравнению с контролем. **Заключение.** Применение Verion-ассистированной интрастромальной методики при кератоконусе снижает риск ошибочного позиционирования роговичных сегментов в тоннель при переносе данных диагностики в операционную, а учет угла циклоторсии при выполнении вреза в интрастромальный тоннель повышает результативную коррекцию цилиндрического компонента рефракции, что подтверждается основными коэффциентами проведенного векторного анализа по N. Alpins.

Ключевые слова: кератоконус, интрастромальная кератопластика, цифровое разметочное устройство, астигматизм, векторный анализ

Для цитирования: Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Вишнякова Е.Н., Демьянченко С.К., Николаев Е.А. Сравнительный анализ клинической эффективности интрастромальной кератопластики с применением цифрового разметочного устройства у пациентов с кератоконусом. *Офтальмология*. 2020;17(1):42–48. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-1-42-48>

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

Конфликт интересов отсутствует



Comparative Analysis of the Clinical Efficacy of Intrastromal Keratoplasty using a Digital Marking Device in Patients with Keratoconus

A.V. Tereshchenko, I.G. Trifanenkova, E.N. Vishnyakova, S.H. Dem'yanchenko, E.A. Nikolaev

The Haluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2020;17(1):42–48

Purpose — to perform a comparative analysis of the clinical efficacy of intrastromal keratoplasty (ISKP) in patients with keratoconus during surgery with and without Verion digital marking device. **Patients and methods.** 37 patients (50 eyes) with corneal astigmatism up to -5.0 diopters were included in the study. These patients were operated with the femtolasers method of ISKP with implantation of corneal segments. The average age of the patients was 27.96 ± 3.40 years. The observation period is from 3 to 12 months. All patients were divided into two groups depending on the surgical technique: Verion-assisted, using a digital marking device and taking into account the angle of cyclotorsia, or standard, without taking into account the angle of cyclotorsia. The first main group included 28 eyes (56 %), the second control group included 22 eyes (44 %) accordingly. **Results.** The functional results after ISKP in both groups were quite good. Stabilization of functional parameters and keratometric data was noted in the postoperative period, by 3 months. Patients of the main group showed a statistically significant ($p < 0.05$) increase in average uncorrected visual acuity to 0.50 ± 0.16 , and visual acuity with maximum correction to 0.70 ± 0.12 ($p < 0.05$). The average keratometry of the weak meridian decreased to 44.3 ± 1.4 diopters, the average keratometry of the strong meridian decreased to 50.8 ± 3.2 diopters. Patients in the control group showed a statistically significant ($p < 0.05$) increase in average uncorrected visual acuity to 0.45 ± 0.12 , and visual acuity with maximum correction to 0.60 ± 0.17 . The average values of keratometry of the weak meridian decreased to 45.3 ± 1.8 diopters, the average values of keratometry of the strong meridian decreased to 51.8 ± 2.2 diopters. The results of the vector analysis reliably indicate a significantly higher accuracy of the Verion-assisted ISKP. Which is confirmed by the achieved indicators of the "success" index, the calculated astigmatism vector close to the actual postoperative astigmatism vector, the smaller the magnitude of the astigmatism axis difference vector compared to the control. **Conclusion.** The use of the Verion-assisted intrastromal technique for keratoconus reduces the risk of erroneous positioning of the corneal segments in the tunnel during transferring diagnostic data to the operating room. Taking into account the angle of cyclotorsia during cutting into the intrastromal tunnel increases the effective correction of the cylindrical component of refraction, which is confirmed by the main coefficients of the vector analysis by N. Alpins.

Keywords: keratoconus, intrastromal keratoplasty, digital marking device, astigmatism, vector analysis

For citation: Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Vishnyakova E.N., Dem'yanchenko S.H., Nikolaev E.A. Comparative Analysis of the Clinical Efficacy of Intrastromal Keratoplasty using a Digital Marking Device in Patients with Keratoconus. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(1):42–48. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-1-42-48>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

АКТУАЛЬНОСТЬ

Интрастромальная кератопластика (ИСКП) с имплантацией роговичных сегментов в строму роговицы изначально разрабатывалась как метод хирургической коррекции миопии высокой степени и миопического астигматизма благодаря возможности исправления общей рефракции роговицы, в том числе ее центральной оптической зоны за счет воздействия на периферию роговицы [1]. В 2000 году Colin J. применил сегменты для коррекции роговичного астигматизма при кератоконусе [2], что позволило получить долгосрочную стабилизацию процесса и повысить зрительные функции у пациентов с этим заболеванием.

В ходе разносторонних экспериментальных и клинических исследований, касающихся техники хирургии ИСКП, дизайна имплантов, их расположения, глубины залегания, материала для изготовления, они были многократно модифицированы [3–5]. В процессе совершенствования технологии ее сторонники практически во всех случаях отмечали достижение высокого дозированного рефракционного эффекта и значительное повы-

шение корригированной и некорригированной остроты зрения [6]. Полученные результаты свидетельствовали о том, что рефракционный эффект вмешательства прямо пропорционален толщине импланта и обратно пропорционален его внутреннему диаметру [7, 8].

Накопленный с годами опыт отечественных и зарубежных авторов позволил разработать целую медико-технологическую систему хирургического лечения кератоконуса различного генеза и дать четкие рекомендации при проведении ИСКП [4, 9, 10]. Однако все случаи кератоконуса достаточно вариабельны, это создает трудности в создании корректной номограммы. Особенно дискутируется вопрос о месте вреза в интрастромальный тоннель: где следует выполнять разрез — в височной части, по более сильной оси или по оси комы, в которой пациент имеет наибольшее количество аберраций? Кроме того, не учитывается ротация глаза (угол циклоторсии) при аппланации апертуры фемтосекундного лазера на поверхность конической роговицы на этапе формирования тоннеля. По данным литературы, среди пациентов со значительным миопическим астигматизмом (более 2,0 дптр) величина циклоторсии достигает

11,1 градуса (в среднем $2,29 \pm 1,74$) [5, 11]. Ориентация же врез в интрастромальный тоннель для имплантации роговичных сегментов, выполняемая по ходу сильного меридиана с целью его ослабления, обладает ограниченной эффективностью [7, 12].

Кроме того, недостаточная прогнозируемость и предсказуемость функционального результата ИСКП, а также отсутствие возможности прецизионного интраоперационного позиционирования сегментов в точном соответствии с предоперационным расчетом потребовала ее дальнейшего совершенствования, в связи с этим в Калужском филиале МНТК «Микрохирургия глаза» проводятся исследования по оптимизации методики фемтолазерной интрастромальной имплантации роговичных сегментов с использованием цифрового разметочного устройства VERION Image Guided System (Alcon, USA) [13, 14].

Вариабельность результатов, достигаемых после ИСКП у пациентов с кератоконусом, заставила нас провести сравнительный анализ двух методик: стандартной имплантации интрастромальных роговичных сегментов и Verion-ассистированной, выполненной под контролем цифрового разметочного устройства.

Цель — провести сравнительный анализ клинической эффективности интрастромальной кератопластики у пациентов с кератоконусом при проведении операции с применением цифрового разметочного устройства Verion и без него.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Был проведен сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с прогрессирующим кератоконусом II стадии по классификации Amsler-Krumeich (1998 г.).

В исследование вошли 37 пациентов (50 глаз) с роговичным астигматизмом до $-5,0$ дптр, прооперированных методом фемтолазерной ИСКП с имплантацией роговичных сегментов. Средний возраст пациентов составил $27,96 \pm 3,40$ года, срок наблюдения — от 3 до 12 месяцев.

В зависимости от методики выполнения хирургического вмешательства, Verion-ассистированной с применением цифрового разметочного устройства и учетом угла циклоторсии или стандартного без учета угла циклоторсии — все пациенты были разделены на две группы. Соответственно, в первую основную группу вошло 28 глаз (56 %), во вторую контрольную группу — 22 глаза (44 %).

Кроме проведения стандартных диагностических методов: определение остроты зрения без коррекции и с максимальной коррекцией (фороптор «Huvitz HRT-7000», Корея, с проектором знаков «Topcon ACP-5», Япония), офтальмометрия и рефрактометрия (авторефрактометр RC-5000 «Tomeu», Япония), пахиметрия (US-1800 «Nidek», Япония), топография роговицы (сканирующий топограф «Pentacam HR», Oculus Optikgtrate GmbH, Германия), все пациенты основной группы были обследованы с помощью системы VERION™ Image Guided System

(Alcon, USA) для фоторегистрации глаза с целью определения угла (степени) циклоторсии [11, 15].

Всем пациентам были имплантированы отечественные роговичные сегменты из ПММА производства ООО НЭП «Микрохирургия глаза». Длина сегментов составляла 160° с поперечным срезом в форме полусферы, основанием 0,6 мм. Внутренний диаметр сегмента — 5,0, наружный — 6,2 мм. Высота сегмента — от 200 до 350 мкм с шагом в 50 мкм.

Используя данные кератотопографической карты, определяли вид эктазии по отношению к сильной оси роговицы (симметричная, асимметричная и располагающаяся полностью по одну сторону от сильной оси). С учетом индивидуальных параметров рефракции пациента по номограмме Kerraring (2008), соответствующей виду эктазии, определяли количество и местоположение сегментов в роговице относительно сильной оси, а также высоту сегмента или сегментов. На кератотопографической карте отмечали расчетное местоположение сегмента или сегментов с фиксацией меридиана, соответствующего проекции проксимального (относительно вреза в интрастромальный тоннель) конца имплантируемого сегмента. Врез в интрастромальный тоннель планировался по сильной оси в случаях имплантации 2 симметричных сегментов. При имплантации 1 сегмента врез в интрастромальный тоннель планировался на расстоянии 30° от проксимального края сегмента.

Формирование интрастромальных тоннелей осуществляли с использованием фемтосекундного (ФС) лазера Femto LDV Z8 (Ziemer, Швейцария). Глубина залегания интрастромальных тоннелей составила 80 % от минимальной толщины роговицы в месте их расположения.

В основной группе пациентов ИСКП осуществляли с применением системы VERION [16–18].

Во время операции под микроскопом LuxOR® LX3 проводили разметку роговицы маркером, используя как ориентир цифровую проекционную метку, соответствующую предоперационному расчету местоположения вреза в интрастромальный тоннель. Центрацию ФС лазера осуществляли по предварительной разметке с учетом угла циклоторсии. Незначительные децентрации относительно центра зрачка корректировали смещением шаблона интрастромального тоннеля в рабочей программе ФС лазера по оси x на $0,10 \pm 0,05$ мм, по оси y на $0,10 \pm 0,04$ мм. Ротационный компонент потребовал вращения шаблона интрастромального тоннеля в среднем на 8° (от 1 до 18°). После аппланации лазера к поверхности роговицы совмещали ось планируемого вреза в интрастромальный тоннель с меткой, соответствующей реальному расположению оси, определенной при помощи устройства VERION, по которой должен быть выполнен врез в тоннель. Таким образом, ФС лазер центрируется в четком соответствии с разметкой, полученной при помощи цифрового разметочного устройства VERION с учетом индивидуального угла циклоторсии [19].

После проведения фемто-этапа формирования интрастромального тоннеля выполняли непосредственно имплантацию сегментов. Для четкого позиционирования сегмента в тоннеле использовали цифровое разметочное устройство VERION. Установив проекцию требующейся оси, интраоперационно хирург через окуляры операционного микроскопа LuxOR® LX3 визуализировал метку, соответствующую точному положению конца сегмента в интрастромальном тоннеле, и проводил прецизионное позиционирование имплантов.

В контрольной группе пациентов интрастромальную кератопластику проводили с традиционной осевой разметкой в лимбальной зоне роговицы с применением красителя [20] без учета ротации глаза во время аппланации ФС-лазера по классической методике с ориентацией врез для имплантации по сильной оси [4, 15, 21].

В группах сравнения после операции анализировались следующие параметры: острота зрения без коррекции и с максимальной коррекцией, величина астигматизма и наиболее показательные коэффициенты векторного анализа по Alpins N. [22], которые высчитывались с применением онлайн-калькулятора VECTrAK.

Статистический анализ проводили на персональном компьютере с использованием лицензионной статистической программы Statistica 6.1 (программный продукт «StatSoft», США). В связи с нормальным распределением значений показателей в группах исследования между ними проводился однофакторный дисперсионный анализ. Использовали число наблюдений (n), среднее значение (M), стандартное отклонение (SD). Достоверность различий оценивали по параметрическим критериям Стьюдента. Достоверными считались результаты при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Некорригированная острота зрения (НКОЗ) до операции была сопоставима в обеих группах. В основной — от 0,05 до 0,4, что в среднем составило $0,20 \pm 0,09$, в контрольной группе — от 0,08 до 0,5 в среднем — $0,20 \pm 0,15$.

В обеих группах корригированная острота зрения в среднем составила $0,45 \pm 0,17$ (от 0,1 до 0,7). Величина роговичного астигматизма до операции в обеих группах варьировала от 1,0 до 4,5 дптр и в среднем составила $3,81 \pm 1,12$ в основной группе и $3,52 \pm 1,24$ дптр в контрольной. Ось цилиндра варьировала от 0 до 180° , в среднем — $97,5 \pm 75,6$. Сферический эквивалент рефракции в основной группе был равен $-5,20 \pm 0,07$, в контрольной — $-5,70 \pm 0,07$ дптр. В обеих группах средние

значения кератометрии слабого меридиана составили $47,5 \pm 3,2$ дптр, средние значения кератометрии сильного меридиана — $56,8 \pm 4,4$ дптр, средние значения пахиметрии в зоне имплантации сегментов — 425 ± 27 мкм.

Функциональные результаты после ИСКП в обеих группах были достаточно высокими. В послеоперационном периоде к третьему месяцу отмечена стабилизация функциональных показателей и кератометрических данных. У пациентов основной группы выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение средней некорригированной остроты зрения до $0,50 \pm 0,16$, а остроты зрения с максимальной коррекцией — до $0,70 \pm 0,12$ ($p < 0,05$). Средние значения кератометрии слабого меридиана снизились до $44,3 \pm 1,4$ дптр, средние значения кератометрии сильного меридиана — до $50,8 \pm 3,2$ дптр. У пациентов контрольной группы отмечалось статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение средней некорригированной остроты зрения до $0,45 \pm 0,12$, а остроты зрения с максимальной коррекцией — до $0,60 \pm 0,17$. Средние значения кератометрии слабого меридиана снизились до $45,3 \pm 1,8$ дптр, средние значения кератометрии сильного меридиана — до $51,8 \pm 2,2$ дптр.

Средние значения сферического эквивалента рефракции и цилиндрического компонента в обеих группах до и через 3 месяца после операции представлены в таблице.

Данные показатели оставались стабильными в пределах погрешности измерения до конца периода наблюдения. В течение этого времени интрастромальные сегменты находились в стабильном положении. В одном случае при имплантации 1 сегмента высотой 200 мкм отмечалась незначительная миграция по направлению к зоне вреза в тоннель на 5° . Ни одного случая интра- и постоперационных осложнений не выявлено.

Результаты коррекции астигматизма были проанализированы с использованием векторного анализа относительно оси цилиндра.

Векторные показатели делятся на 2 группы. Первая группа включает следующие векторные показатели: величину и ось вектора целевого индуцированного астигматизма (TIA), хирургически индуцированного астигматизма (SIA) и вектор разницы между первыми двумя показателями (DV), показывающий, насколько действительный результат отклонился от запланированного [22, 23].

Ко второй группе отнесены интегральные показатели успешности (погрешности коррекции): угол и величина ошибки, индекс достигнутой коррекции (SIA/TIA)

Таблица. Рефракционные показатели в группах исследования до и через 3 месяца после ИСКП

Table. Refractive indices in study groups before and 3 months after intrastromal keratoplasty

	СЭ, М ± m (дптр) до операции / Before surgery	СЭ, М ± m (дптр) 3 мес. после операции / After operation	Цилиндр, М ± m (дптр) до операции / Before surgery	Цилиндр, М ± m (дптр) 3 мес. после операции / After operation
Основная группа / Main group n = 28	-5,2 ± 0,07	-2,43 ± 0,17	-3,81 ± 1,12	-1,14 ± 0,07
Контрольная группа / Control group n = 22	-5,7 ± 0,17	-2,20 ± 0,15	-3,52 ± 1,24	-1,78 ± 0,09

и индекс «успеха». Величина ошибки обычно положительна при гиперкоррекции и отрицательна при гипокоррекции, угол ошибки измеряется от SIA в пределах 90°, индекс достигнутой коррекции равен 1,0 в случае, если запланированная коррекция совпадает с послеоперационной, при этом при величине больше 1,0 отмечается гиперкоррекция, а при величине меньше 1,0 — гипокоррекция. Индекс «успеха» (IOS) отражает соответствие результатов полученным данным, то есть насколько послеоперационная ось астигматизма совпадает с запланированной. В идеале индекс «успеха» равен нулю [22, 23].

В основной группе величина расчетного вектора астигматизма (-0,72), определяемого на основании предоперационных данных, была приближена к фактическому послеоперационному (-0,81). Различия были получены для оси вектора астигматизма. Ось TIA составила

112,2°, а ось SIA — 95,6°, но данные статистически недостоверны. Вектор разницы составил 0,17 дптр, что свидетельствует о высокой точности коррекции астигматизма (рис. 1).

В контрольной группе величина расчетного вектора астигматизма (-0,89) была значимо выше фактического послеоперационного значения (-0,57). Различия были получены и для оси вектора астигматизма. Ось TIA составила 132,2°, а ось SIA — 78,1°, но данные были статистически недостоверны. Вектор разницы составил 0,31 дптр, что значимо выше, чем у пациентов основной группы ($p < 0,05$).

При анализе интегральных показателей коррекции астигматизма у пациентов контрольной группы выявлены отрицательные показатели величины ошибки до -0,41 и индекс коррекции меньше 1,0 (0,33), что свидетельствует о явной гипокоррекции астигматизма, а средний индекс «успеха» по группе был равен 0,76, в отличие от опытной группы, где среднее значение индекса «успеха» составило 0,44, что свидетельствует о высокой точности Verion-

ассистированной методики ИСКП у пациентов с кератоконусом.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время технология ИСКП непрерывно развивается и совершенствуется, о чем говорят многочисленные публикации [24–28].

Однако отсутствие методик, обеспечивающих точное позиционирование роговичных сегментов в интрастромальном тоннеле в строгом соответствии с предоперационным расчетом, безусловно, сказывается на функциональном и рефракционном результате операции, в том числе и на степени коррекции астигматизма.

В связи с этим следует отметить метод векторного анализа астигматической коррекции, разработанный австралийским офтальмологом Alpines N. [22]. Данный метод основан на векторной математике и представляет собой систему для планирования и анализа результатов рефракционных хирургических операций (LASIK), также используется для планирования результатов хирургии катаракты с имплантацией торической интраокулярной линзы (ИОЛ).

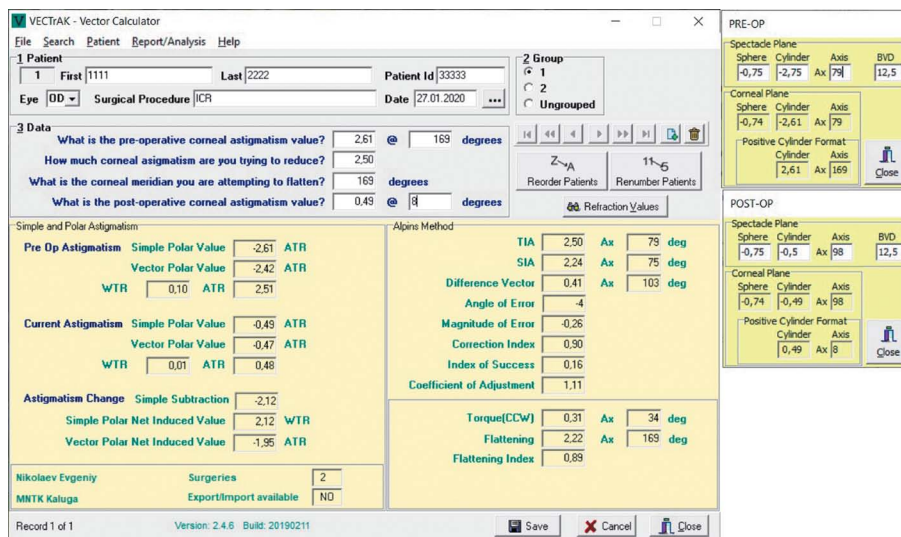


Рис. 1. Результаты векторной астигматической коррекции по Alpines у пациента основной группы

Fig. 1. The results of vector astigmatic correction by Alpines in the patient of the main group

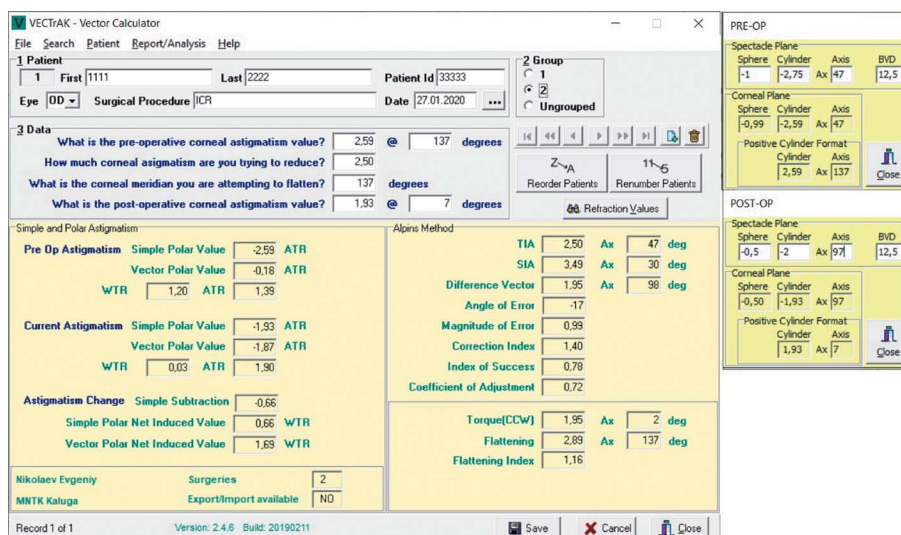


Рис. 2. Результаты векторной астигматической коррекции по Alpines у пациента контрольной группы

Fig. 2. The results of vector astigmatic correction by Alpines in a patient of the control group

Изучение результатов ИСКП с применением векторного анализа в 2018 году выполнили Torquetti L., Cunha P., Luz A. и др. [29]. Было проведено многоцентровое нерандомизированное исследование, в котором участвовали 130 пациентов (138 глаз) с кератоконусом. До операции и в сроки до 12 месяцев после операции оценивали некорригированную и корригированную остроту зрения, данные кератометрии, объем роговицы, ее асферичность, выполнен векторный анализ показателей рефракции и кератометрии. Авторы установили, что имплантация роговичного сегмента Ferrara с длиной дуги 320° обеспечивает повышение некорригированной остроты зрения в среднем с 20/250 до 20/60, корригированной — с 20/100 до 20/40, а также статистически достоверное увеличение объема роговицы ($p < 0,001$) и изменение ее формы до более физиологичной. Кроме того, статистически значимые различия имели показатели астигматизма, значения K1, K2, Km ($p < 0,001$) после операции по сравнению с дооперационными. Векторный анализ показал слабую предсказуемость результатов имплантации сегмента Ferrara с длиной дуги 320°.

В проведенном нами исследовании метод векторного анализа использован для сравнительной оценки результатов Verion-ассистированной и стандартной ИСКП у пациентов с кератоконусом. Полученные данные достоверно свидетельствуют о значительно более высокой точности Verion-ассистированной ИСКП, что подтверждается достигнутыми показателями индекса «успеха», расчетного вектора астигматизма, приближенного к фактическому послеоперационному, меньшей величиной вектора разницы оси астигматизма по сравнению с контролем.

Кроме того, применение Verion-ассистированного подхода к проведению фемтолазерной ИСКП показало, что аппланация апертуры ФС лазера на поверхность конической роговицы приводит к значительной ротации глаза и несовпадению оси вреза, заданной в программе ФС лазера, с фактической осью роговицы пациента [19]. В данном исследовании у пациентов с кератоконусом мы определили угол циклоторсии, равный в среднем $8,00 \pm 2,74^\circ$.

Интраоперационная разметка роговицы позволяет провести центрацию ФС лазера и добиться точного расположения оси вреза в соответствии с предоперационным расчетом.

Использование проекционных меток цифрового разметочного устройства VERION™ Image Guided System дает возможность объективного контроля при позиционировании интрастромальных сегментов по заданной оси и обеспечивает максимально точное воспроизведение технологии интрастромальной кератопластики с имплантацией интрастромальных сегментов.

Анализ послеоперационных результатов показал, что во всех случаях имплантации интрастромальных сегментов по предложенной методике удалось добиться повышения остроты зрения без коррекции и с максимальной коррекцией. Случаев отсутствия рефракционного эффекта операции и случаев ухудшения зрения после операции отмечено не было [6, 30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ клинко-функциональных результатов интрастромальной кератопластики у пациентов с кератоконусом с применением цифрового разметочного устройства VERION™ Image Guided System и без него выявил высокую эффективность и безопасность обеих методик.

Применение Verion-ассистированной интрастромальной методики при кератоконусе снижает риск ошибочного позиционирования роговичных сегментов в тоннель при переносе данных диагностики в операционную, а учет угла циклоторсии при выполнении вреза в интрастромальный тоннель повышает результативную коррекцию цилиндрического компонента рефракции, что подтверждается основными коэффициентами проведенного векторного анализа по Alpíns N.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

А.В. Терещенко — концепция и дизайн исследования;
И.Г. Трифаненкова — редактирование текста;
Е.Н. Вишнякова — получение и обработка данных, написание статьи;
С.К. Демьянченко — анализ и интерпретация результатов;
Е.А. Николаев — анализ и интерпретация результатов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Schanzlin D., Asbell P., Burriss T., Durrie D. The intrastromal corneal ring segments. Phase II results for the correction of myopia. *Ophthalmology*. 1997;104(7):1067–1078. DOI: 10.1016/s0161-6420(97)30183-3
- Colin J., Cochener B., Savary G., Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(8):1117–1122. DOI: 10.1016/S0886-3350(00)00451-X
- Drzyzga L., Wygledowska-Promienska D., Piotrowska-Gwozdz A., Gosciniewicz P., Mrukwa-Kominek E. The use of intrastromal corneal ring segments in patients with myopia and keratoconus. *Klin Oczna*. 2016;118(1):72–77.
- Fournié P., Touboul D., Arné J., Colin J., Malecaze F. Keratoconus. *J Fr Ophtalmol*. 2013;36(7):618–626. DOI: 10.1016/j.jfo.2013.05.004
- Coskunseven E., Kymionis G.D., Tsiklis N.S., Atun S., Arslan E., Siganos C.S., Jankov M., Pallikaris I.G. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta Ophthalmol*. 2011;89(1):54–57. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01605.x
- Ferrara G., Torquetti L., Ferrara P., Merayo-Llodes J. Intrastromal corneal ring segments: visual outcomes from a large case series. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012;40(5):433–439. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2011.02698.x
- Калинников Ю.Ю., Иошин И.Э., Григорян А.Р. Имплантация интрастромального роговичного кольца в коррекции роговичного астигматизма высокой степени после передней послышной глубокой кератопластики. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2015;4:30–34. [Kalinnikov Yu.Yu., Ioshin I.E., Grigoryan A.R. Intrastromal corneal ring implantation in the correction of high degree corneal astigmatism after anterior layered deep keratoplasty. Cataract and refractive surgery = *Kataraktalnaya i refrakcionnaya hirurgiya*. 2015; 4: 30–34 (In Russ.)].
- Kapitánová K., Nikl J. Femtosecond Laser — assisted intrastromal corneal segment implantation — our experience. *Cesk Slov Ophtalmol*. 2018;74(1):31–36.
- Измайлова С.Б., Малюгин Б.Э., Поручикова Е.П. Математическое обоснование новой модели полимерных роговичных сегментов для интрастромальной кератопластики. *Офтальмохирургия*. 2016;4:30–34. [Izmaylova S.B., Malugin B.E., Poruchikova E.P. Mathematical justification of a new model of polymer corneal segments for intrastromal keratoplasty. *Ophthalmosurgery = Oftalmohirurgiya*. 2016;4:30–34 (In Russ.)].
- Севостьянов Е.Н., Горскова Е.Н. Кератоконус плюс. Челябинск: ПИРС, 2006. 148 с. [Sevostyanov E.N., Gorskova E.N. Keratoconus plus. Chelyabinsk: PIRS, 2006. 148 p. (In Russ.)].
- Гамидов Г.А., Мушкова И.А., Костенев С.В., Гамидов А.А. Ранние клинко-функциональные результаты сравнения групп после операции СМАЙЛ с учетом и без учета циклоторсии. *Современные технологии в офтальмологии*. 2019;4:50–55. [Gamidov G.A., Mushkova I.A., Kostenev S.V., Gamidov A.A. Early clinical and functional results of comparison of groups after the SMILE opera-

- tion with and without cyclotorsia. Modern technologies in ophthalmology = *Covremennye tekhnologii v oftalmologii*. 2019;4:50–55 (In Russ.).
12. Аветисов С.Э., Новиков И.А., Патеюк Л.С. Кератоконус: этиологические факторы и сопутствующие проявления. *Вестник офтальмологии*. 2014;4:110–116. [Avetisov S.E., Novikov I.A., Pateyuk L.S. Keratoconus: etiological factors and associated manifestations. *Bulletin of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2014;4:110–116 (In Russ.).]
 13. Терещенко А.В., Демьянченко С.К., Вишнякова Е.Н. Применение цифрового разметочного устройства при проведении фемтолазерной интрастромальной кератопластики с имплантацией интрастромальных сегментов. *Сибирский научный медицинский журнал* 2019;39(3):60–65. [Tereshchenko A.V., Demyanchenko S.K., Vishnyakova E.N. The use of a digital marking device during femtolaser intrastromal keratoplasty with implantation of intrastromal segments. *Siberian Scientific Medical Journal = Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal*. 2019;39(3):60–65 (In Russ.).]
 14. Терещенко А.В., Демьянченко С.К., Вишнякова Е.Н. Версион-ассистированная фемтолазерная интрастромальная кератопластика — прецизионный подход. *Современные технологии в офтальмологии*. 2018;3(23):37–39. [Tereshchenko A.V., Demyanchenko S.K., Vishnyakova E.N. Verion-assisted femtolaser intrastromal keratoplasty — a precision approach. *Modern technologies in ophthalmology = Sovremennye tekhnologii v oftalmologii*. 2018;3(23):37–39 (In Russ.).]
 15. Febraro J.L., Koch D.D., Khan H.N., Saad A., Gatinel D. Detection of static cyclotorsion and compensation for dynamic cyclotorsion in laser in situ keratomileusis. *J. Cataract Refract Surg*. 2010;10(36):1718–1723. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.05.019
 16. Коновалов М.Е., Зенина М.Л., Иванов С.В., Горенский А.А., Коновалова М.М. Наш опыт использования системы «Версион» при расчете и имплантации торических ИОЛ в хирургии катаракты. *Точка зрения Восток — Запад*. 2018;1:89–93. [Konovalov M.E., Zenina M.L., Ivanov S.V., Gorenskiy A.A., Konovalova M.M. Our experience of using the VERION system in the calculation and implantation of toric IOLs in cataract surgery. *Point of view East — West. = Tochka zreniya Vostok — Zapad*. 2018;1:89–93 (In Russ.).]
 17. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю. Первый опыт использования системы VERION для расчета торических ИОЛ у российских пациентов. *Точка зрения Восток — Запад*. 2016;3:45–47. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Cygankov A.Yu. The first experience of using the VERION system for calculating toric IOLs in Russian patients. *Point of view East — West. = Tochka zreniya Vostok — Zapad*. 2016;3:45–47 (In Russ.).]
 18. Asena L., Gungor S., Akman A. Compared of keratometric measurements obtained by the VERION Image Guided System with optical biometry and autokeratorefractometry. *Int. Ophthalmol*. 2017;37:391–399.
 19. Febraro J.L., Koch D.D., Khan H.N., Saad A., Gatinel D. Detection of static cyclotorsion and compensation for dynamic cyclotorsion in laser in situ keratomileusis. *J. Cataract Refract Surg*. 2010;10(36):1718–1723. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.05.019
 20. Webers V.S., Bauer N.J., Visser N., Berendschot T.T., van den Biggelaar F.J., Nuijts R.M. Image-guided system versus manual marking for toric intraocular lens alignment in cataract surgery. *J. Cataract. refract. Surg*. 2017;43(6):781–788. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.03.041
 21. Kugler L.J., Hill S., Sztipanovits D., Boerman H., Swartz T.S., Wang M.X. Corneal melt of incisions overlying corneal ring segments: case series and literature review. *Cornea*. 2011;30(9):968–971. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3182031ca0
 22. Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *J. Cataract. refract. Surg*. 2001;27(1):31–49. DOI: 10.1016/S0886-3350(00)00798-7
 23. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Черкашина А.В., Цыганков А.Ю. Сравнительный анализ эффективности имплантации торических, сферических и асферических интраокулярных линз в хирургии врожденной катаракты. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2016;11(4):1–11. [Pershin K.B., Pashinova N.F., Cherkashina A.V., Cygankov A.Yu. Comparative analysis of the effectiveness of implantation of toric, spherical and aspherical intraocular lenses in the surgery of congenital cataract. *Russian pediatric ophthalmology = Rossijskaya pediatricheskaya oftalmologiya*. 2016;11(4):1–11 (In Russ.).]
 24. Zadnik K., Money S., Lindsley K. Intrastromal corneal ring segments for treating keratoconus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;5:CD011150. DOI: 10.1002/14651858.CD011150.pub2
 25. Monteiro T., Alfonso J.F., Franqueira N., Faria-Correia F., Ambrósio R. Jr., Madrid-Costa D. Comparison of clinical outcomes between manual and femtosecond laser techniques for intrastromal corneal ring segment implantation. *Eur J Ophthalmol*. 2019;10:1120672119872367. DOI: 10.1177/1120672119872367
 26. Nicula C., Pop R.N., Nicula D.V. Comparative Results in a Combined Procedure of Intrastromal Corneal Rings Implantation and Cross-linking in Patients with Keratoconus: A Retrospective Study. *Ophthalmol Ther*. 2017;6(2):313–321. DOI: 10.1007/s40123-017-0112-8
 27. Siatiri H., Jabbarvand M., Mohammadpour M., Mollazadeh A., Siatiri N., Mirmohammadsadeghi A. Confocal biomicroscopic changes of the corneal layers following femtosecond laser-assisted MyoRing implantation in keratoconus. *J Curr Ophthalmol*. 2016;29(3):182–188. DOI: 10.1016/j.joco.2016.11.004
 28. Lisa C., Fernández-Vega Cueto L., Poo-López A., Madrid-Costa D., Alfonso J.F. Long-Term Follow-up of Intrastromal Corneal Ring Segments (210-Degree Arc Length) in Central Keratoconus With High Corneal Asphericity. *Cornea*. 2017;36(11):1325–1330. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001339
 29. Torquetti L., Cunha P., Luz A., Kwitko S., Carrion M., Rocha G., Signorelli A., Coscarelli S., Ferrara G., Bicalho F., Neves R., Ferrara P. Clinical Outcomes After Implantation of 320°-Arc Length Intrastromal Corneal Ring Segments in Keratoconus. *Cornea*. 2018;37(10):1299–1305. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001709
 30. Солодкова Е.Г., Фокин В.П., Борискина Л.Н., Балалин С.В. Современные возможности диагностики и лечения кератоконуса. Волгоград: Панорама, 2018. 125 с. [Solodkova E.G., Fokin V.P., Boriskina L.N., Balalin S.V. Modern possibilities for the diagnosis and treatment of keratoconus. Volgograd: Panorama, 2018. 125 p. (In Russ.).]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Терещенко Александр Владимирович
доктор медицинских наук, директор Калужского филиала
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Трифаненкова Ирина Георгиевна
кандидат медицинских наук, заместитель директора по научной работе
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Вишнякова Екатерина Николаевна
врач-офтальмолог
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Демьянченко Сергей Константинович
кандидат медицинских наук, заведующий отделением оптико-реконструктивной и рефракционной хирургии
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Николаев Евгений Александрович
инженер
ул. им. Святослава Федорова, 5, Калуга, 248007, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Tereshchenko Aleksandr V.
Med.Sc.D., director of branch
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Trifanenkova Irina G.
Ph.D., deputy director for scientific research
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Vishnyakova Ekaterina N.
ophthalmologist
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Demyanchenko Sergej K.
Ph.D., head of the Department of Optical Reconstructive and Refractive Surgery
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia

The Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Nikolaev Yevgeny A.
engineer
Svyatoslav Fedorov str., 5, Kaluga, 248007, Russia