

А.В. ДОГА, Г.Ф. КАЧАЛИНА, Ю.И. КИШКИН, И.А. МУШКОВА, А.Н. КАРИМОВА
МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, г. Москва

УДК 617.713-089.843

Результаты лазерной коррекции посткератопластической аметропии по данным кератотопографии с помощью компьютерной программы «Кераскан»

Каримова Аделя Насибуллаевна

очный аспирант

127486, г. Москва, Бескудниковский бульвар, д. 59а, тел. 8-903-106-51-41, e-mail: adelya.k.n@mail.ru

Обследованы и прооперированы 20 глаз с иррегулярным астигматизмом после сквозной кератопластики. В 1-й группе использовался алгоритм персонализированной абляции роговицы по данным кератотопографии, во 2-й группе — стандартный алгоритм абляции. В послеоперационном периоде у всех пациентов уменьшились сферический и цилиндрический компоненты рефракции, повысилась некоррегированная острота зрения. Данные изменения были более выраженными в 1-й группе и продемонстрировали эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: посткератопластическая аметропия, персонализированная лазерная коррекция, кератотопография.

A.V. DOGA, G.F. KACHALINA, Y.I. KISHKIN, I.A. MUSHKOVA, A.N. KARIMOVA
IRTC «Eye Microsurgery» named after acad. S.N. Fedorov» MH of RF, Moscow

The results of laser correction postkeratoplastic ametropia according to keratotopography using the computer program «Keraskan»

Examined and operated on 20 eyes with irregular astigmatism after penetrating keratoplasty. In group 1 used the algorithm of personalized corneal ablation according keratotopographic, in group 2 — the standard algorithm for ablation. Postoperatively, all patients decreased spherical and cylindrical components of refractive, uncorrected visual acuity improved. These changes were more pronounced in group 1 and demonstrated the effectiveness of the proposed method.

Keywords: postkeratoplasty ametropia, customized laser correction, keratotopography.

ЦВЕТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ К СТАТЬЕ НА СТР. 322

Современный уровень офтальмохирургии и новые подходы к интра- и послеоперационному ведению пациентов обеспечивают после проведения сквозной кератопластики (СКП) прозрачное приживление трансплантата [1]. Но даже при получении идеально прозрачного трансплантата одной из основных проблем после СКП остается посткератопластическая аметропия, в большинстве случаев обусловленная выраженной иррегулярностью передней поверхности роговицы [1, 2]. Наличие неправильного иррегулярного астигматизма у пациентов после СКП вызывает затруднения при подборе очковой и контактной

коррекции, приводит к низкой предсказуемости рефракционного результата проводимых операций и регрессу функционального эффекта в послеоперационном периоде [2, 3].

В настоящее время в оптической коррекции индуцированных аметропий после СКП предпочтение отдается рефракционной хирургии, в которой лидирующие позиции занимают эксимерлазерные методы [4, 5]. Однако, несмотря на постоянное совершенствование лазерных технологий, коррекция неправильного астигматизма остается актуальной проблемой для рефракционных хирургов. Попытки решения этого вопроса

привели к созданию эксимерных лазеров с функциями индивидуальной персонализированной абляции роговицы, основанными на более подробном изучении ее поверхности и применении этих данных при проведении кераторефракционных операций (КРО).

Обзор опубликованных результатов научных исследований показывает, что использование данных анализа волнового фронта и персонализированной коррекции по аберрограмме у пациентов после СКП не всегда позволяет получить такой же эффект, как у пациентов с интактной роговицей, а в ряде случаев и невозможно за счет затруднений в проведении аберрометрии и получении необходимых расчетов операции [6-9]. Поэтому перспективным направлением в коррекции иррегулярного астигматизма на сегодняшний день является использование данных кератотопографии с целью проведения персонализированной лазерной абляции роговицы у пациентов после СКП.

Цель

Оценить результаты персонализированной лазерной коррекции по данным кератотопографии у пациентов с наличием иррегулярного астигматизма после сквозной кератопластики.

Материалы и методы

Под нашим наблюдением находились 12 глаз 12 пациентов в возрасте $28,2 \pm 3,4$ года (от 19 до 37 лет) с наличием неправильного иррегулярного астигматизма после СКП (средний цилиндрический компонент по абсолютной величине: $-7,82 \pm 1,64$ дптр), которые сформировали основную группу исследования.

Все пациенты основной группы были прооперированы с использованием персонализированной лазерной абляции роговицы по данным кератотопографии с помощью компьютерной программы «Кераскан», разработанной сотрудниками Центра физического приборостроения (г. Троицк) совместно с Центром лазерной хирургии МНТК «Микрохирургия глаза» (г. Москва).

Данная программа позволяет, используя карту высот роговицы, полученную при проведении кератотопографии на компьютерном кератотопографе TMS 4, рассчитывать необходимую коррекцию формы роговицы пациента и формировать управляющий операционный файл для эксимерного лазера. При расчете операции используются данные о величине передне-задней оси глаза, объективной и субъективной рефракции, кератотопографических показателей, определяются рефракционная задача и конечная кривизна роговицы, соответствующая запланированной рефракции глаза. Данные заносятся в компьютер, где с помощью специальной программы моделируется операция и рассчитывается толщина необходимого удаления роговичной ткани по всем точкам в пределах зоны предполагаемого воздействия. Затем полученный файл передается на управляющий компьютер лазерной установки Микроскан-ЦФП (Россия), на которой непосредственно проводится дальнейшая операция.

В процессе операции для создания роговичного клапана использовался механический микрокератом Zyoptix XP (Perfect Vision, Германия) или фемтосекундный лазер «Femto LDV» (Ziemmer, Швейцария), диаметр и толщина формируемого клапана определялись оптометрическими параметрами с учетом необходимой зоны абляции и не зависели от диаметра трансплантата.

В качестве контроля обследовали 8 пациентов (8 глаз) в возрасте $30,1 \pm 2,7$ года (от 21 до 39 лет) с неправильным иррегулярным астигматизмом после СКП (средний цилиндрический компонент по абсолютной величине: $-6,23 \pm 2,7$ дптр), оперированных методами ЛАЗИК или ФемтоЛАЗИК по стандартной технологии на эксимерлазерной установке Микроскан-ЦФП (Россия). В обеих группах расчет операции производился таким образом, чтобы толщина резидуальной стромы после абляции составляла не менее 300 мкм.

Обследование всех пациентов до и после операции включало исследование сферического и цилиндрического компонентов объективной и субъективной рефракции, визометрию, исследование передней поверхности посткератопластической роговицы на кератотопографе TMS 4 (Tomey, Japan).

Таблица 1.

Динамика рефракционных и функциональных показателей при коррекции иррегулярного астигматизма после СКП ($M \pm \sigma$)

Рефрактометрия / Визометрия	Группа	До операции	12 месяцев после операции
Сферический компонент рефракции	Основная	$-3,64 \pm 1,73$ (от -2,5 до -8,5)	$-0,25 \pm 0,51^*$ (от -0,13 до -1,5)
	Контрольная	$-3,42 \pm 1,86$ (от -2,13 до -7,2)	$-1,64 \pm 1,23^*$ (от -1,5 до -3,5)
Цилиндрический компонент рефракции	Основная	$-7,82 \pm 1,64$ (от -5,25 до -12,75)	$-0,82 \pm 0,97^*$ (от -0,5 до -2,25)
	Контрольная	$-6,23 \pm 2,7$ (от -5,0 до -12,75)	$-2,36 \pm 1,68^*$ (от -1,5 до 4,0)
Некорригированная острота зрения	Основная	$0,04 \pm 0,02$ (от 0,01 до 0,1)	$0,51 \pm 0,22^*$ (от 0,3 до 0,8)
	Контрольная	$0,05 \pm 0,08$ (от 0,01 до 0,1)	$0,31 \pm 0,25^*$ (от 0,1 до 0,6)
Корригированная острота зрения	Основная	$0,32 \pm 0,19$ (от 0,1 до 0,6)	$0,97 \pm 0,18^*$ (от 0,8 до 1,0)
	Контрольная	$0,36 \pm 0,15$ (от 0,1 до 0,7)	$0,86 \pm 0,21^*$ (от 0,3 до 1,0)

Прим.:* — различие средних достоверно по сравнению с дооперационными данными ($p < 0,05$)

Исследование рефракционного профиля передней поверхности роговичного трансплантата после СКП проводили по данным кератотопографии, анализируя кератотопограммы топографического формата стандартного типа. Среди анализируемых параметров определяли максимальный (SimK 1) и минимальный (SimK 2) симулированные кератометрические индексы (Simulated Keratometry Readings), которые показывают среднюю оптическую силу посткератопластической роговицы вдоль каждого из двух главных меридианов (с наибольшей и наименьшей оптической силой) в центральной 3,0 мм зоне [10]. Кроме того, исследовали динамику статистического индекса регулярности передней поверхности роговицы SRI (Surface Regularity Index) до и после проведения КРО. Индекс SRI отражает локальную регулярность поверхности роговицы в центральной зоне диаметром 4,5 мм, внутри которой сравнивается оптическая сила каждой точки со всеми точками, располагающимися сразу же вокруг нее.

Результаты

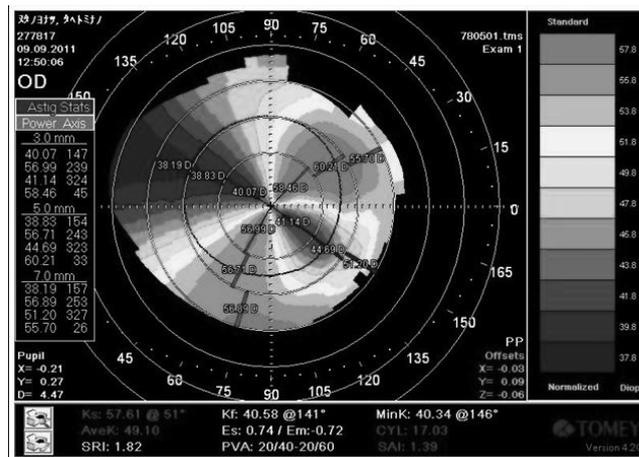
Через 1 год после КРО сферический компонент рефракции достоверно уменьшился в обеих группах ($p < 0,05$): с $-3,64 \pm 1,73$ до $-0,25 \pm 0,51$ дптр в основной группе и с $-3,42 \pm 1,86$ до $-1,64 \pm 1,23$ дптр в контрольной группе (табл. 1). Средняя величина цилиндрического компонента рефракции в послеоперационном периоде также существенно снизилась и составила $-0,82 \pm 0,97$ и $-2,36 \pm 1,68$ дптр, соответственно, в основной и контрольной группах.

После проведения КРО некорригированная острота зрения повысилась по сравнению с дооперационными значениями и составила в среднем $0,51 \pm 0,22$ в основной группе и $0,31 \pm 0,25$ в контрольной группе (табл. 1). Потери строк и снижения значений максимально корригированной остроты зрения по отношению с дооперационными значениями не наблюдалось ни в одном случае в обеих группах.

По данным кератотопографии, до проведения КРО у пациентов после СКП значения SimK 1 и SimK 2 составили в среднем $52,4 \pm 0,76$ и $36,2 \pm 0,84$, соответственно, в основной группе, $50,8 \pm 0,97$ и $38,43 \pm 0,68$ в контрольной группе (табл. 2). Значительная разница между кератометрическими индексами в меридианах с наибольшей и наименьшей оптической силой свидетельствует о выраженной иррегулярности передней по-

верхности роговицы после СКП (рис. 1). В послеоперационном периоде в обеих группах произошло достоверное снижение индекса SimK 1 ($p < 0,05$), более выраженное у пациентов основной группы (с $52,4 \pm 0,76$ до $41,42 \pm 0,26$). Значения SimK 2 по сравнению с дооперационными данными изменились статистически недостоверно как в основной, так и в контрольной группах (табл. 2).

Рисунок 1.
Кератотопограмма пациента с индуцированной аметропией после сквозной кератопластики



Исследование регулярности передней поверхности роговицы в оптической зоне до КРО показало у всех пациентов после СКП высокие значения индекса SRI (табл. 2). После проведения КРО индекс регулярности поверхности SRI достоверно снизился ($p < 0,05$) в обеих группах: в основной группе с $1,34 \pm 0,22$ до $0,72 \pm 0,11$, в контрольной группе с $1,25 \pm 0,37$ до $0,98 \pm 0,15$. При этом более выраженное изменение индекса SRI наблюдалось у пациентов, оперированных по персонализированной технологии с учетом данных кератотопограммы. В обеих группах было отмечено, что чем больше снижался индекс SRI после

Таблица 2.

Динамика кератотопографических показателей иррегулярности передней поверхности роговицы при коррекции иррегулярного астигматизма после СКП ($M \pm \sigma$)

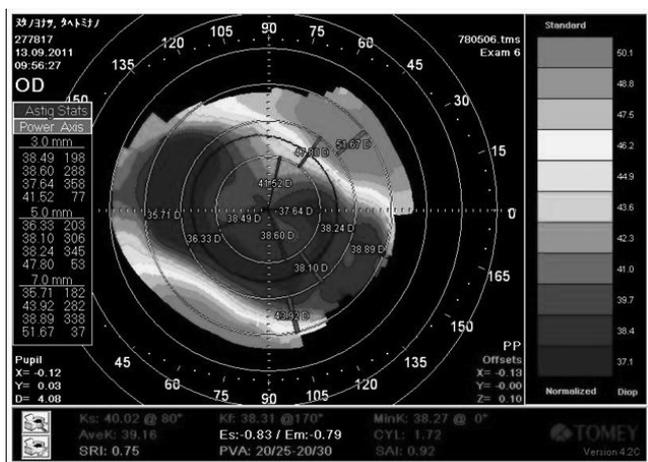
Индекс	Группа	До операции	12 месяцев после операции
SimK 1	Основная	$52,4 \pm 0,76$ (от 46,21 до 58,46)	$41,42 \pm 0,26^*$ (от 39,12 до 44,98)
	Контрольная	$50,8 \pm 0,97$ (от 47,14 до 58,32)	$45,31 \pm 0,17^*$ (от 43,75 до 49,32)
SimK 2	Основная	$36,2 \pm 0,84$ (от 34,25 до 42,17)	$38,77 \pm 0,14$ (от 34,11 до 40,18)
	Контрольная	$38,43 \pm 0,68$ (от 32,58 до 43,24)	$37,23 \pm 0,71$ (от 30,22 до 42,55)
SRI	Основная	$1,34 \pm 0,22$ (от 1,12 до 1,97)	$0,72 \pm 0,11^*$ (от 0,49 до 1,02)
	Контрольная	$1,25 \pm 0,37$ (от 1,08 до 1,78)	$0,98 \pm 0,15^*$ (от 0,56 до 1,37)

Прим.:* — различие средних достоверно по сравнению с дооперационными данными ($p < 0,05$)

проведения КРО, тем выше был рефракционный результат в послеоперационном периоде.

Рисунок 2.

Кератотопограмма пациента с индуцированной аметропией после сквозной кератопластики после проведения персонализированной лазерной коррекции, по данным кератотопографии с помощью программы «Кераскан»



Обсуждение

На глазах после СКП отмечается значительное нарушение регулярности передней поверхности роговицы, поэтому проведение КРО по стандартной технологии абляции у данных пациентов не всегда позволяет достичь высокого функционального и рефракционного эффекта, особенно при наличии неправильного иррегулярного астигматизма. Использование персонализированной лазерной абляции в коррекции посткератопластических аметропий, по данным кератотопографии с помощью компьютерной программы «Кераскан», повышает регулярность передней поверхности роговицы (рис. 2), тем самым увеличивая эффективность и предсказуемость проводимого хирургического лечения.

Для исследования топографии посткератопластической роговицы применяются кератотопографические индексы, динамика которых после проведения КРО позволяет более точно оценить изменения регулярности передней поверхности и результаты коррекции индуцированных аметропий после СКП.

Значительное снижение индексов SimK 1 и SRI после КРО свидетельствует о повышении регулярности роговицы в оптической зоне и отражается на послеоперационных рефракционных и функциональных результатах.

Заключение

Персонализированная лазерная абляция роговицы по данным кератотопографии с помощью компьютерной программы «Кераскан» — эффективный метод коррекции индуцированных аметропий у пациентов после сквозной кератопластики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слонимский Ю.Б., Слонимский А.Ю., Джафарли Т.Б. и др. Рефракционный статус и его динамика после сквозной пересадки роговицы. Анализ многолетних наблюдений // VI Российский симпозиум по рефракционной и пластической хирургии глаза: сб. ст. — М., 2002. — С. 27-29.
2. Horackova M., Loukotova V., Hlinomazova Z. et al. Long-term results of the postoperative ametropia correction after perforating keratoplasty using the LASIK method // *Cesk Slov Oftalmol.* — 2008. — Vol. 64. — No 1. — P. 3-10.
3. Вдовина Г.А., Джафарли Т.Б., Слонимский А.Ю. LASIK при миопии и астигматизме после сквозной кератопластики // II Российский симпозиум по рефракционной хирургии. — М., 2000. — С. 55.
4. Kuryan J., Channa P. Refractive surgery after corneal transplant // *Ophthalmology.* — 2010. — Vol. 21. — No 4. — P. 259-264.
5. Malecha M.A., Holland E.J. Correction of myopia and astigmatism after penetrating keratoplasty with Laser In Situ Keratomileusis // *Cornea.* — 2002. — Vol. 21. — P. 564-569.
6. Nagy Z.Z. Laser in situ keratomileusis combined with topography-supported customized ablation after repeated penetrating keratoplasty // *J. Cataract Refract Surg.* — 2003. — Vol. 29. — No 4. — P. 792-794.
7. Ohno K. Customized photorefractive keratectomy for the correction of regular and irregular astigmatism after penetrating keratoplasty // *Cornea.* — 2011. — Vol. 30. — P. 41-44.
8. Rajan M.S., O'Brart D.P., Patel P. et al. Topography-guided customized laser-assisted subepithelial keratectomy for the treatment of postkeratoplasty astigmatism // *J. Cataract Refract Surg.* — 2006. — Vol. 32. — No 6. — P. 949-957.
9. Spadea L., Saviano M., Di Gregorio A. et al. Topographically guided two-step LASIK and standard LASIK in the correction of refractive errors after penetrating keratoplasty // *Eur J. Ophthalmol.* — 2009. — Vol. 19. — No 4. — P. 535-543.
10. Балашевич Л.И., Качанов А.Б. Клиническая корнеотопография и aberрометрия. — М., 2008. — С. 50-55.