

онного уровня к 6-му месяцу однако сохранялось ее статистически недостоверное снижение в области высоких и средних пространственных частот (табл. 3).

У пациентов после операции ФемтоЛАЗИК ОЗ в условиях различной освещенности была выше их ОЗ с привычной коррекцией и не ниже максимально корригированной ОЗ до операции. ПКЧ в фотопических условиях после операции ФемтоЛАЗИК восстанавливалась до дооперационного уровня к 1-му месяцу после операции, а после ЛАЗИК – к 6-му месяцу. ПКЧ в мезопических при обеих операциях восстанавливалась лишь к 6-му месяцу после операции, причем после ФемтоЛАЗИК она была ближе к дооперационному уровню, чем после ЛАЗИК. Операция ФемтоЛАЗИК продемонстрировала лучшее восстановление ПКЧ на высоких пространственных частотах по сравнению с ЛАЗИК.

Таким образом, наши исследования показали, что операция ФемтоЛАЗИК обеспечивает не только высокие клинично-функциональные результаты, но и быстрое восстановление тонких зрительных функций по сравнению с ЛАЗИК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chan A., Ou J., Manche E. E. Comparison of the femtosecond laser and mechanical keratome for laser in situ keratomileusis // Arch. ophthalmol. – 2008 – Vol. 126. № 11. – P. 1484–1490.
2. Durrie D. S., Brinton J. P., Avila M. R., Stahl E. D. Evaluating the speed of visual recovery following thin-flap LASIK With a femtosecond laser // J. refract. surg. – 2012. Sep. – № 28 (9). – P. 620–624.
3. Durrie D. S., Smith R. T., Waring G. O. 4th, Stahl J. E., Schwendeman F. J. Comparing conventional and wavefront-optimized LASIK for the treatment of hyperopia // J. refract. surg. – 2010. May. – № 26 (5). – P. 356–363.
4. Jacobs J. M., Travella M. J. Incidence of complications in laser in situ keratomileusis // J. cataract. refract. surg. – 2002 – Vol. 28. № 1. – P. 23–28.
5. Montés-Micó R., Rodríguez-Galiletero A., Jorge L. A., Femtosecond laser versus mechanical keratome LASIK for myopia // Ophthalmology. – 2007. – Vol. 114. Issue 1. January. – P. 62–68.
6. Patel S. V., Maguire L. J., McLaren J. V., Hodge D. O., Bourne W. M. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome for LASIK. A randomized controlled study // Ophthalmology. – 2007. – Vol. 114. – P. 1482–1490.

Поступила 19.10.2012

Г. Ф. КАЧАЛИНА, Н. В. МАЙЧУК, Н. Х. ТАХЧИДИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АБЕРРАЦИЙ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ФЕМТОЛАЗИК НА ЭКСИМЕРЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКЕ «МИКРОСКАН-ВИЗУМ» ПО СТАНДАРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА СКАНИРОВАНИЯ, ОПТИМИЗИРОВАННОГО ПО КОНИЧЕСКОЙ КОНСТАНТЕ

ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России, Россия, 127486, г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59а, отдел лазерной хирургии.
Тел. 488-89-84. E-mail: info@mntk.ru

Цель настоящей работы – анализ эффективности применения технологии FemtoLASIK на эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе. Исследовались две группы пациентов с миопией средней степени: 1-я группа – ФемтоЛАЗИК по Q, 11 человек (22 гл.), средний возраст SE 4,11±0,32 D; 2-я группа ФемтоЛАЗИК – 11 человек (22 гл.), средний возраст SE 4,29±0,27. У всех пациентов до и после операции (от 1 до 6 месяцев) помимо стандартных параметров была проведена aberrometry на приборе «OPD-Scan ARK-10000» («Nidek», Япония). Анализировались среднеквадратическое отклонение aberраций высокого порядка (RMS HO), сферическая aberрация и кома. Оценка полученных результатов позволила отметить незначительное увеличение aberраций после операции коррекции миопии средней степени по технологии Фемто-ЛАЗИК с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе, по сравнению как с дооперационными значениями, так и со стандартной операцией Фемто-ЛАЗИК.

Ключевые слова: миопия, aberрации, качество зрения, коническая константа, Фемто-ЛАЗИК.

G. F. KACHALINA, N. V. MAYCHUK, N. Kh. TAKHCIDI

COMPARATIVE ANALYSIS OF HIGHER ORDER ABERRATIONS AFTER CONVENTIONAL AND Q-VALUE GUIDED FEMTOLASIK WITH THE MICROSKAN VISUM

S. Fyodorov eye microsurgery complex,
Russia, 127486, Moscow, Beskudnikovsky Blvd, 59a. Tel. 488-89-84. E-mail: info@mntk.ru

To compare the results of the Q-value guided FemtoLASIK with the conventional FemtoLASIK for the correction of myopia with the microskan visum.

We conducted a retrospective study on 22 myopic patients who underwent Q-value guided femtosecond laser: 11 patients, 22 eyes SE – 4,11±0,32 D or femtosecond laser: 11 patients, 22 eyes SE – 4,29±0,27. For aberrometry OPD-Scan ARK-10000

(Nidek, Japan) was used. The total root mean square (RMS), as well as the higher-order aberrations (RMS-HO), spherical aberration, coma were analyzed. The aberrations changed slightly after Q-value guided FemtoLASIK from preoperatively and from conventional FemtoLASIK.

Key words: myopia, visual quality, aberrations, Q-value, FemtoLasik.

Несовершенство оптики человеческого глаза вызвано различными отклонениями волнового фронта при прохождении через роговицу, хрусталик и внутриглазные среды. Возникающие оптические дефекты значительно влияют на остроту и качество зрения, искажая и делая нечетким изображение на сетчатке [1, 2]. Современные aberrometry позволяют получать достаточно точную информацию о состоянии волнового фронта глаза. Количественной характеристикой оптического качества изображения является среднеквадратичное значение ошибок отклонения реального волнового фронта от идеального [3]. Цернике ввел математический формализм, использующий ряд полиномов для описания aberrations волнового фронта [9].

Известно, что после рефракционных операций снижаются aberrations низких порядков (сфера, астигматизм), но индуцируются различные типы оптических aberrations высших порядков, что влияет на качество зрения [6]. Сферическая aberration и кома являются клинически значимыми и дают основные жалобы у пациентов: засветы, двоение, снижение сумеречного зрения.

Особенностью операции ФемтоЛАЗИК является выкраивание равномерного по величине лоскута в отличие от механического микрокератома, что, по мнению ряда авторов, значительно снижает послеоперационные aberrations [4, 5, 7, 8, 10], являющиеся причиной ухудшения качества зрения и появления субъективных зрительных расстройств у пациентов в сумеречное и ночное время, когда диаметр зрачка увеличивается.

Основным контингентом КРХ являются молодые, социально активные люди трудоспособного возраста, которым недостаточно только повышения остроты зрения, но также требуется скорейшее восстановление «тонких» зрительных функций, таких как пространственная контрастная чувствительность, чувствительность к засвету и ослеплению, зрение в условиях пониженной освещенности. Несмотря на достижения эмметропии и высокой остроты зрения, от 15% до 45% перенесших операцию ФемтоЛАЗИК пациентов все же предъявляли жалобы на засветы в сумеречное время (glare), 26% до 50%, по разным источникам, – на ореолы вокруг светящихся объектов (galo), от 12% до 25% – на проблемы, связанные с ночным зрением.

В перспективе КХР стремится к тому, чтобы качество зрения после операции было ни ниже того, которое пациенты имели до операции с их привычной коррекцией. В этом направлении развиваются зарубежные и отечественные технологии. Одной из последних совмест-

ных разработок ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова и Центра физического приборостроения РАН является эксимерлазерная установка «Микроскан-Визум» с алгоритмом сканирования по конической константе. Коническая константа (Q) интактной роговицы имеет форму вытянутого эллипсоида с показателем, характеризующим отличие эллипсоида от идеальной сферы, от -0,2 до -0,4. После стандартной операции FemtoLASIK роговица приобретает форму уплощенного эллипсоида с $Q > 0$ [11]. Выполнение операций с сохранением отрицательной Q должно привести к минимальному нарушению исходного абберационного баланса оптической системы глаза и повышению качества сумеречного зрения. В связи с этим нами была выбрана не стандартная операция ФемтоЛАЗИК, а операция ФемтоЛАЗИК с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе.

Цель – анализ эффективности применения технологии ФемтоЛАЗИК на эксимерлазерной установке «Микроскан-Визум» с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе.

Материалы и методы

На базе эксимерлазерного отделения ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздравсоцразвития РФ нами обследовано и прооперировано 22 пациента (44 глаза) с миопией средней степени, разделенных на равные группы по виду проведенного вмешательства. Пациентов основной группы оперировали по технологии «Миопический ФемтоЛАЗИК с учетом конической константы», контрольной – по стандартной технологии «Миопический ФемтоЛАЗИК».

Для уменьшения индуцированных aberrations и улучшения качества зрения в мезопических условиях нами была произведена операция ФемтоЛАЗИК с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе.

Данные пациентов представлены в таблице 1.

Всем пациентам кроме стандартного «рефракционного» обследования до и через 1 месяц после операции была проведена aberrometry на приборе «OPD-Scan ARK-10000» («Nidek», Япония), разложение волнового фронта по полиномам Цернике производилось для диаметра 6 мм. Анализировались среднеквадратическое отклонение aberrations высокого порядка (RMS HO), сферическая aberration и кома.

Особое внимание уделялось клинически значимым aberrations сферической и коме, которые оказывают

Таблица 1

Характеристика групп обследованных пациентов

Группы	Средний возраст, М±δ, лет	Гендерная характеристика	Сферозэквивалент рефракции, М±δ, дптр
Основная группа, 11 человек (22 глаза)	24,3±1,8	М – 7; Ж – 5	-4,11±0,32
Контрольная группа, 11 человек (22 глаза)	26,1±2,1	М – 6; Ж – 6	-4,29±0,27

значительное влияние на качество зрения и являются причиной проблем сумеречного и ночного зрения в виде засветов и ореолов.

Анализ асферичности поверхности роговицы производился по кератотопограмме. В качестве характеристики асферичности использовалась коническая константа, являющаяся мерой вытянутости эллипсоида, описывающего наружную поверхность роговицы.

Для объективной оценки качества зрения применяли прибор «Optec 6500» («Stereo Optical Company», США), на котором определяли остроту зрения вдаль в мезопических и фотопических условиях с засветом и без засвета, а также пространственную контрастную чувствительность (ПКЧ) в фотопических и мезопических условиях. Для субъективной оценки качества зрения и выполнения зрительных задач нами была разработана анкета, включающая вопросы, касающиеся нежелательных зритель-

ных эффектов: засветы, блики, ореолы и т. д., а также субъективной оценки работоспособности и качества жизни. Ответы оценивались по пятибалльной системе от 1 балла при полной дезадаптации до 5 баллов, соответствующих нормальным функциям. Также во всех случаях анализировали расчетную глубину абляции.

Все пациенты были прооперированы на созданной совместными усилиями ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова и Центром физического приборостроения РАН эксимерлазерной установке «Микроскан-Визум». У пациентов контрольной группы использовали стандартный алгоритм сканирования, у пациентов основной группы – с учетом величины конической константы, которую вводили в соответствующее окно на операционной панели эксимерного лазера. Роговичный клапан толщиной 90 мкм формировали с помощью фемтосекундного лазера «Femto LDV» («Ziemmer», Швейцария).

Таблица 2

Результаты до- и послеоперационных обследований (через 1 месяц) пациентов основной и контрольной групп, М±δ

Показатели	Контрольная группа		Основная группа	
	До операции	После операции	До операции	После операции
RMS HO 6 мм, мкм	0,43±0,11	0,74±0,24	0,44±0,21	0,48±0,18
Величина сферической аберрации, мкм Z 12	0,03±0,12	0,09± 0,10	0,03±0,06	0,06±0,08
Кома, мкм Z 8	-0,03±0,12	0,06±0,14	-0,05±0,02	0,03±0,07
Величина конической константы Q	-0,35±0,06	0,023±0,10	-0,37± 0,11	-0,33±0,09

Таблица 3

Результаты до- и послеоперационных обследований (через 1 месяц) пациентов основной и контрольной групп, М±δ

Показатели	Контрольная группа		Основная группа	
	До операции	После операции	До операции	После операции
Сферозэквивалент рефракции, Дптр	-4,11± 0,32	0,26±0,11	-4,29±0,27	0,12±0,04
Некорригированная острота зрения (ОЗ)	0,04±0,02	0,97±0,08	0,05±0,03	1,1±0,02
ОЗ в мезопических условиях (до операции – с привычной коррекцией; после операции – без коррекции)	0,56±0,03	0,65±0,07	0,48±0,04	1,24±0,10
ОЗ в фотопических условиях (до операции – с привычной коррекцией; после операции – без коррекции)	0,63±0,08	0,94±0,04	0,61±0,05	1,15 ±0,03
ОЗ в мезопических условиях с засветом (до операции – с привычной коррекцией; после операции – без коррекции)	0,42±0,03	0,63±0,07	0,51±0,04	1,25±0,09
ОЗ в фотопических условиях с засветом (до операции – с привычной коррекцией; после операции – без коррекции)	0,87±0,04	0,90±0,09	0,85±0,07	1,11±0,12
Субъективная оценка качества зрения (по 5-балльной шкале) (до операции – с привычной коррекцией; после операции – без коррекции)	3,8±0,5	4,2±0,3	4,0±0,4	4,8±0,1

Предоперационная подготовка заключалась в отказе от контактных линз на 2 недели и профилактическом местном назначении антибактериального препарата в течение двух дней. Послеоперационная терапия включала инстилляции антибактериальных, стероидных противовоспалительных и слезозамещающих препаратов.

Результаты и обсуждение

Операции во всех случаях прошли без осложнений. Данные обследований представлены в таблицах 2, 3.

При анализе aberromетрических данных после операции отмечено практически двукратное повышение аберраций высших порядков у пациентов контрольной группы, у пациентов основной группы данные практически не изменились. Величина сферической аберрации возросла в 3 раза у пациентов контрольной группы и в 2 раза – у основной. Кома в контрольной группе увеличилась в 2 раза, а в основной снизилась в 1,5 раза – (рис. 1А, Б.) Величина конической константы стала положительной у пациентов контрольной группы и осталась отрицательной у пациентов основной группы.

Из анализа данных таблицы 3 видно, что в результате проведения коррекции миопии средней степени у пациентов как основной, так и контрольной группы при проверке зрения в обычных условиях (по таблице Сивцева-Головина) отмечено существенное повышение некорригированной остроты зрения. При проверке остроты зрения с помощью прибора «Optec-6500», позволяющего моделировать условия различной освещенности, а также провести измерения в условиях

засвета, отмечено, что острота зрения в мезопических условиях у пациентов контрольной группы после операции была лишь незначительно выше дооперационных данных с привычной коррекцией, а у пациентов основной группы – превышала дооперационный уровень почти в 2 раза. Острота зрения в фотопических условиях была также несколько выше у пациентов основной группы по сравнению с контролем и дооперационным уровнем. При проведении анкетирования практически все пациенты были удовлетворены результатом операции, однако среди пациентов контрольной группы 4 человека отмечали ореолы, размытость контуров предметов, засветы, затрудняющие вождение в темное время суток и работу с компьютерным текстом в условиях пониженной освещенности. Среди пациентов основной группы подобных жалоб не было.

Различия ПКЧ у пациентов после стандартной КРХ и оптимизированной по конической константе наиболее ярко проявляются при исследовании в мезопических условиях. Изменения ПКЧ до и после коррекции миопии по стандартной технологии увеличились незначительно в основном на низких и средних пространственных частотах. При выполнении коррекции миопии с учетом конической константы отмечается существенное повышение ПКЧ в мезопических условиях на всех пространственных частотах.

Для визуализации оптических изменений в данной работе приводятся кератотопограммы, полученные на кератоаберрометре «OPD-Scan».

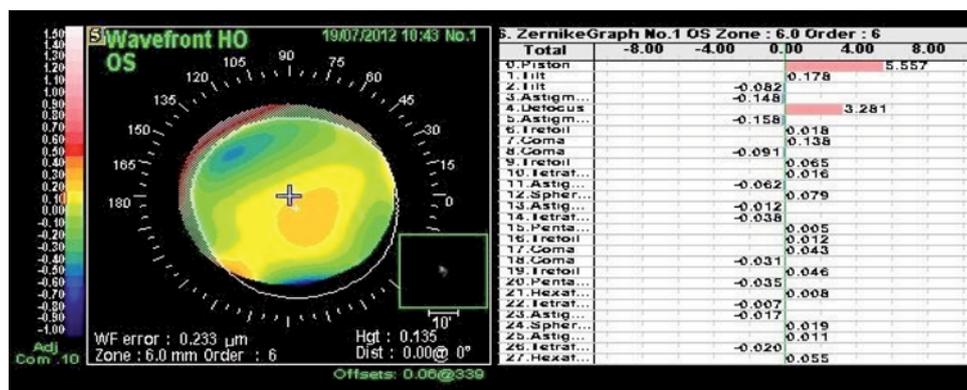


Рис. 1А. Аберрометрия пациента до коррекции миопии с помощью операции ФемтоЛАЗИК по конической константе

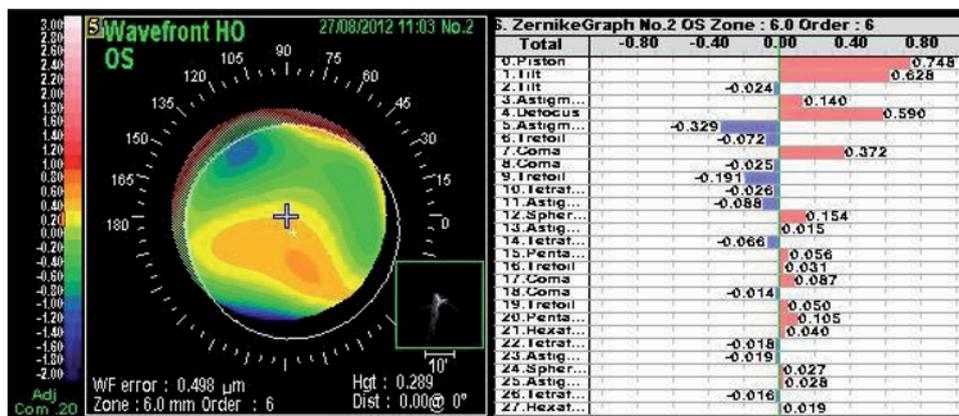


Рис. 1Б. Аберрометрия пациента после коррекции миопии с помощью операции ФемтоЛАЗИК по конической константе

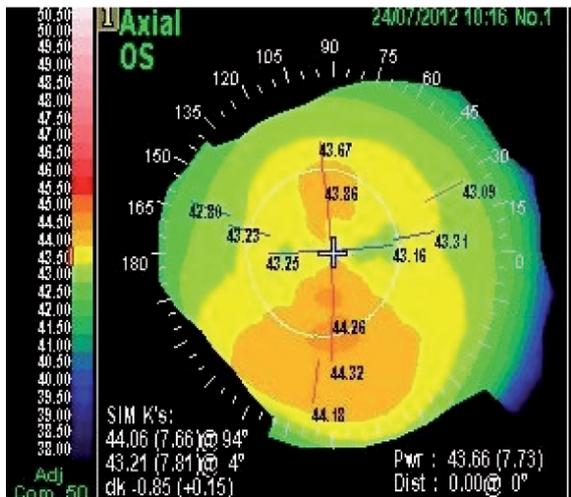


Рис. 2А. Кератотопограмма пациента до коррекции миопии с помощью операции ФемтоЛАЗИК по конической константе

Для более наглядной демонстрации использовались предоперационные топограммы, показанные в режиме Axial Map, оптимальном для демонстрации исходной клинической ситуации. Послеоперационные топограммы показаны в режиме Instantaneous Map, чувствительном к качеству роговичной поверхности, полученной в результате операции. В частности, в этом режиме хорошо видна переходная зона, имеющая вид кольца красного или оранжевого цвета. Внутренность этого кольца считается функциональной оптической зоной (FOZ) (рис. 2).

Сравнительный анализ кератотопограмм при выполнении коррекции миопии по стандартной технологии и с помощью алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе, показал, что в результате стандартной операции происходит абляция по типу «мениска», т. е. ее глубина в центральной зоне роговицы значительно превышает глубину абляции на периферии. Именно это и приводит к изменению формы роговицы с исходного вытянутого эллипсоида с $Q < 0$ на уплощенный эллипсоид с $Q > 0$. Поскольку данные изменения происходят в пределах диаметра зрачка в мезопических условиях, максимальная выраженность нежелательных оптических эффектов отмечается пациентами именно в условиях пониженной освещенности.

Анализ полученных результатов позволил отметить незначительное увеличение aberrаций после операции коррекции миопии средней степени по технологии ФемтоЛАЗИК с использованием алгоритма сканирования, оптимизированного по конической константе, как по сравнению с дооперационными значениями, так и по сравнению со стандартной операцией ФемтоЛАЗИК. Вследствие этого наблюдалось более высокое качество зрения. У пациентов, прооперированных по новой технологии, отмечены высокая субъективная удовлетворенность и отсутствие жалоб на зрение в условиях различной освещенности, что важно для людей с высокими профессиональными требованиями к качеству зрения (водители, спортсмены, военные и т. д.).

Полученные результаты носят предварительный характер, нуждаются в дальнейшем накоплении обсле-

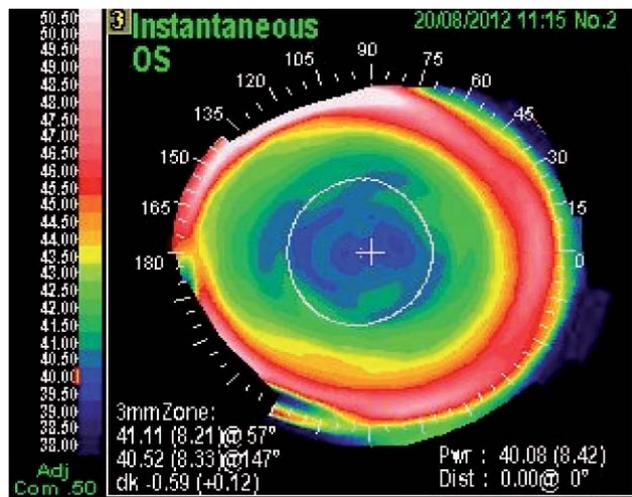


Рис. 2Б. Кератотопограмма пациента после коррекции миопии с помощью операции ФемтоЛАЗИК по конической константе

дованных групп пациентов для увеличения достоверности выводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л. И. Оптическая aberrация: диагностика и коррекция // Окулист. – 2001. – № 6 (22). – С. 12–15.
2. Егорова Г. Б., Бородина Н. В., Бубнова И. А. Aberrации человеческого глаза, способы их измерения и коррекции // Русский медицинский журн. – 2003. – Т. 4. № 4. – С. 4–9.
3. Семчишен В., Мрохен М., Сайлер Т. Оптические aberrации человеческого глаза и их коррекция // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2003. – Т. 3. № 1. – С. 5–13.
4. Buzzonetti L., Petrocelli G., Valente P., Tamburrelli C., Mosca L., Laborante A., Balestrazzi E. Comparison of corneal aberration changes after laser in situ keratomileusis performed with mechanical microkeratome and IntraLase femtosecond laser: 1-year follow-up. // Cornea. – 2008 – Vol. 27. – P 174–179.
5. Krueger R. R., Dupps W. J. Jr. Biomechanical effects of femtosecond and microkeratome-based flap creation: prospective contralateral examination of two patients // J. refract. surg. – 2007. – Vol. 23. – P 800–807.
6. Lorente L., Barbero S., Merayo J., Marcos S., Total and corneal optical aberrations induced by laser in situ keratomileusis // J. refract. surg. – 2004. – Vol. 20. – P. 203–216.
7. Medeiros F. W., Stapleton W. M., Hammel J., Krueger R. R., Netto M. V., Wilson S. E. Wavefront analysis comparison of LASIK outcomes with the femtosecond laser and mechanical microkeratomes // J. refract. surg. – 2007. – Vol. 23. – P. 880–887.
8. Tran D. B., Sarayba M. A., Bor Z., Garufis C., Duh Y. J., Soltes C. R., Juhasz T., Kurtz R. M. Randomized prospective clinical study comparing induced aberrations with IntraLase and hansatome flap creation in fellow eyes: potential impact on wavefront-guided laser in situ keratomileusis // J. cataract. refract. surg. – 2005. Jan. – Vol. 31. – P. 97–105.
9. Zernike F. Beugungstheorie des Schneindenverfahrens und seiner verbesserten form der phasenkontrastmethode // Physical. – 1934. – № 2. – P. 689–704.
10. Zhang Z. H., Jin H. Y., Suo Y., Patel S. V., Montés-Micó R., Manche E. E., Xu X. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome laser in situ keratomileusis for myopia // J. cataract. refract. surg. – 2011. Dec. – Vol. 37. – P. 2151–2159.

Поступила 19.10.2012