

# ЛАЗЕРНАЯ КЕРАТОПЛАСТИКА: РЕФРАКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИ КОРРЕКЦИИ ГИПЕРМЕТРОПИЧЕСКОГО И СМЕШАННОГО АСТИГМАТИЗМА

УДК 617.713—089.843+615.849.19

Поступила 24.01.2011 г.



**И.А. Мушкова**, к.м.н., старший научный сотрудник;  
**А.В. Дога**, д.м.н., зам. генерального директора;  
**А.Н. Бессарабов**, к.т.н., зав. отделом научно-математического обеспечения

МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова, Москва

**Цель исследования** — определение эффективности коррекции простого гиперметропического и смешанного астигматизма методом лазерной термокератопластики по разработанной технологии на созданной лазерной установке «ОКО-1».

**Материалы и методы.** Анализ результатов базировался на данных лечения 98 пациентов (169 глаз) с простым (58 глаз) и смешанным (111 глаз) астигматизмом.

**Результаты.** Через 1 год после операции получены доказательства эффективности предложенного метода: наблюдалось уменьшение среднего цилиндрического компонента рефракции с  $-2,90 \pm 0,71$  до  $-0,74 \pm 0,67$  дптр ( $p < 0,05$ ), среднего сферического компонента — с  $1,79 \pm 0,83$  до  $1,08 \pm 0,11$  дптр ( $p < 0,05$ ). В соответствии с усилением рефракции роговицы произошло повышение остроты зрения как в случаях без коррекции, так и с очковой коррекцией, при этом острота зрения без коррекции после лазерной термокератопластики ( $0,64 \pm 0,07$ ) превысила среднюю остроту зрения до операции ( $0,51 \pm 0,02$ ) ( $p < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** лазерная кератопластика, гиперметропический астигматизм, смешанный астигматизм.

## English

## Laser keratoplasty: refractive and functional results in hypermetropic and mixed astigmatism correction

**I.A. Mushkova**, PhD, Senior Research Worker;  
**A.V. Doga**, D.Med.Sc., Deputy Director General;  
**A.N. Bessarabov**, PhD, Head of the Department of Scientific and Mathematical Support

The Academician S.N. Fyodorov Federal State Institution Intersectoral Research and Technology Complex "Eye Microsurgery", Moscow

**The aim of the study** is to determine the effectiveness of correction of a simple hypermetropic and mixed astigmatism by means of a laser thermokeratoplasty according to the technology developed on "OKO-1" device.

**Materials and methods.** There have been analyzed the results of treatment of 98 patients (169 eyes) with a simple (58 eyes) astigmatism and the patients with mixed astigmatism (111 eyes).

**Results.** A year after the operation there has been obtained the evidence of effectiveness of the technique suggested: a mean cylindrical refraction component has been reduced from  $-2,90 \pm 0,71$  to  $-0,74 \pm 0,67$  diopter ( $p < 0,05$ ), and a mean spherical component — from  $1,79 \pm 0,83$  to  $1,08 \pm 0,11$  diopter ( $p < 0,05$ ). Due to the increase of cornea refraction, visual activity has increased both in cases without correction and in those with glasses correction. And vision without correction after a laser thermokeratoplasty ( $0,64 \pm 0,07$ ) has exceeded a mean visual activity before the operation ( $0,51 \pm 0,02$ ) ( $p < 0,05$ ).

**Key words:** laser keratoplasty, hypermetropic astigmatism, mixed astigmatism.

Гиперметропический и смешанный астигматизм является наиболее трудно устранимой аномалией рефракции. Отсутствие его адекватной коррекции приводит

к развитию рефракционной амблиопии [1, 2]. Полноценная коррекция астигматизма определяет нормальное развитие зрительного анализатора и осуществляется

Для контактов: Мушкова Ирина Альфредовна, тел. раб. 8(495)488-87-42, тел. моб. +7 903-150-21-33; e-mail: lablasers@yahoo.com.

с помощью очков, торических контактных линз и ряда методов рефракционной хирургии [3—9]. Однако очки существенно ограничивают боковое зрение, могут вызывать нарушение стереоскопического эффекта и пространственного восприятия вследствие появления меридиональной анизейконии. Торические контактные линзы могут не переноситься пациентами, вызывать раздражение и способствовать занесению инфекции [10]. Применение эксимерного лазера позволяет с минимальной инвазивностью избирательно перепрофилировать роговицу [11—14], но, несмотря на несомненные достижения в технологии операции LASIK, все еще встречаются определенные сложности, обусловленные адаптацией поверхностного «клапана» роговицы, нестабильностью получаемых результатов, индуцированием роговичной эктазии, развитием кератитов [8, 13, 15, 16].

В последнее время получили широкое распространение методы инфракрасной (ИК) лазерной коррекции гиперметропии. Это связано с тем, что для рефракционных хирургов всегда была привлекательна возможность усиления оптики роговицы путем воздействия только на периферическую ее часть без изменения толщины роговицы в центральной зоне [3, 10, 17—20]. Этим требованиям соответствует метод лазерной термокератокоагуляции (ЛТК) — энергетическое воздействие на роговицу глаза лазеров с различными длинами волн ИК-диапазона.

В МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова данный новый метод реализован при помощи созданной в соавторстве с учеными МГТУ им. Н.Э. Баумана ИК-лазерной установки «ОКО-1». Излучение в ИК-части спектра является перспективным для рефракционной хирургии, и ЛТК может стать методом выбора в системе рефракционных операций [7, 21].

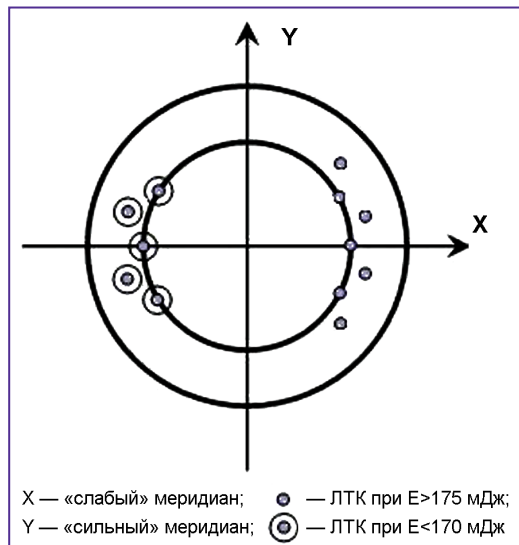
**Цель исследования** — определение эффективности коррекции простого гиперметропического и смешанного астигматизма методом лазерной термокератопластики на созданной лазерной установке «ОКО-1» по оригинальной технологии.

**Материалы и методы.** Анализ результатов коррекции простого гиперметропического и смешанного астигматизма с помощью ЛТК базировался на данных лечения 98 пациентов (169 глаз) с простым (58 глаз) и смешанным (111 глаз) астигматизмом. Мужчин было 53, а женщин — 45. Средний возраст составил  $47,0 \pm 3,9$  года (от 21 до 67 лет).

Величина роговичного астигматизма колебалась от 0,75 до 5,0 дптр. Средний сферический эквивалент составлял  $-0,18 \pm 1,09$  дптр (от  $-1,75$  до  $+1,75$  дптр). У 122 глаз определялся прямой астигматизм, у 47 — обратный.

Все пациенты были прооперированы по разработанной технологии ЛТК (нанесение точечных интрастромальных коагулятов контактным способом) на лазерной установке «ОКО-1» с длиной волны 2,12 мкм. Энергия воздействия изменялась от 130 до 190 мДж в зависимости от степени гиперметропии.

С целью усиления рефракции только «слабой» оси



Геометрия нанесения лазерных коагулятов при секторальной ЛТК

выполнялась секторальная ЛТК. Коагуляты наносились секторально в «слабой» оси рефракции в шахматном порядке: 2—3 коагулята на диаметре 6,0 мм и 3—4 коагулята на диаметре 7,0 мм (см. рисунок). Энергия воздействия варьировала от 150 до 190 мДж.

Рефракционный эффект оценивали по показаниям сферического и цилиндрического компонентов клинической рефракции. Остроту зрения исследовали без очковой коррекции и со сфероцилиндрической коррекцией.

В данной работе мы приводим исходные данные по группам и данные полностью стабилизированной рефракции в срок 1 год после ЛТК без детального описания динамики изменения всех анализируемых показателей.

**Результаты и обсуждение.** Зависимость количества коагулятов и энергии лазерного излучения от величины цилиндрического компонента представлена в табл. 1.

Анализ распределения глаз по цилиндрическому и сферическому компоненту до выполнения секторальной ЛТК выявил следующие закономерности (табл. 2): 40 глаз имели цилиндрический компонент рефракции от  $-0,75$  до  $-2,0$  дптр ( $1,62 \pm 0,21$  дптр), сферический компонент от 0 до 5,0 дптр в среднем составил  $1,24 \pm 0,79$  дптр. Энергия излучения в данной группе была минимальной — 140—150 мДж. У 66 глаз отмечен астигматический компонент от  $-2,25$  до  $-3,0$  дптр ( $-2,69 \pm 0,12$  дптр), сферический компонент в данной группе колебался от 0 до 5,0 дптр ( $1,79 \pm 0,83$  дптр). Энергия воздействия — 150—170 мДж. Количество коагулятов — 5 в каждом секторе «слабого» меридиана. Цилиндрический компонент от  $-3,25$  до  $-4,0$  дптр ( $-3,69 \pm 0,13$  дптр) имели 43 глаза, среднее значение гиперметропии в данной подгруппе составило  $2,67 \pm 0,83$  дптр. Энергия воздействия — от 175 до 180 мДж. В рефракционную группу, в которой цилиндрический компонент составлял от  $-4,25$  до  $-5,0$  дптр ( $-4,67 \pm 0,12$  дптр), вошли 20 глаз. Энергия воздейст-

вия — 185—190 мДж. В обеих последних группах количество планируемых коагулятов одинаково (см. табл. 1). Средний цилиндрический компонент по всем подгруппам составил в среднем  $-2,90 \pm 0,71$  дптр, а сферический —  $1,79 \pm 0,83$  дптр.

Как видно из табл. 2, 58 глаз из 169 участвующих в исследовании имели фактически простой гиперметропический астигматизм. Именно в этой группе жи-

даемый результат секторальной ЛТК должен был быть максимально эффективным.

Через 1 год после операции (табл. 3) астигматический компонент не превышал 0,5 дптр ( $0,41 \pm 0,08$  дптр) у 117 глаз (69,2%). До секторальной ЛТК ни один глаз с цилиндром менее 0,5 дптр в исследовании не участвовал. Более чем в 20 раз уменьшилась группа с астигматизмом от 2,25 до 5,0 дптр.

Анализ сферического компонента выявил следующие закономерности: появилась новая группа из 31 глаза, в которой сферический компонент рефракции стал отрицательным ( $-0,44 \pm 0,05$  дптр). Значительно уменьшилось количество глаз со сферическим компонентом более 2,0 дптр: из 80 глаз до операции в этой группе осталось только 24. Количество глаз со сферическим компонентом в пределах  $\pm 1,0$  дптр увеличилось с 12 до 100 после ЛТК.

Таким образом, при простом гиперметропическом и смешанном астигматизме от 0,75 до 5,0 дптр через 1 год после операции средний цилиндрический компонент рефракции уменьшился с  $-2,90 \pm 0,71$  до  $-0,74 \pm 0,67$  дптр ( $p < 0,05$ ), средний сферический компонент — с  $1,79 \pm 0,83$  до  $1,08 \pm 0,11$  дптр ( $p < 0,05$ ).

Анализ остроты зрения до и после ЛТК представ-

Таблица 1

Распределение глаз (n=169) по степени цилиндрического компонента в зависимости от энергии лазерных воздействий и количества коагулятов

Цилиндрический компонент, дптр	Количество глаз	Энергия лазерного воздействия, мДж	ЛТК в «слабом» меридиане
0,75—2,0	40	140—150	5+5
2,25—3,0	66	155—170	5+5
3,25—4,0	43	175—180	7+7
4,25—5,0	20	185—190	7+7

Таблица 2

Распределение глаз (n=169) по цилиндрическому и сферическому компонентам до секторальной ЛТК

Цилиндрический компонент, дптр			Сферический компонент, дптр								
Рефракционные группы	n	M±σ	0—1,0		1,25—2,0		2,25—3,0		3,25—5,0		M±σ
			n	M±σ	n	M±σ	n	M±σ	n	M±σ	
0—0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75—2,0	40	1,62±0,21	12	0,31±0,16	9	1,44±0,12	7	2,67±0,13	12	4,13±0,29	1,24±0,79
2,25—3,0	66	2,69±0,12	26	0,58±0,17	13	1,69±0,13	19	2,59±0,12	8	4,02±0,28	1,79±0,81
3,25—4,0	43	3,69±0,13	13	0,69±0,17	4	1,73±0,13	23	2,81±0,12	3	4,21±0,28	2,67±0,83
4,25—5,0	20	4,67±0,12	7	0,72±0,16	5	1,81±0,12	4	2,76±0,12	4	4,02±0,28	2,06±0,82
Итого	169		58		31		53		27		
M±σ		2,90±0,71		0,56±0,17		1,62±0,13		2,71±0,13		4,09±0,29	1,79±0,83

Здесь и далее n — количество глаз.

Таблица 3

Распределение глаз (n=169) по цилиндрическому и сферическому компонентам через 1 год после секторальной ЛТК

Цилиндрический компонент, дптр			Сферический компонент, дптр										
Группы	n	M±σ	-1,0—0,0		0,25—1,0		1,25—2,0		2,25—3,0		3,25—5,0		M±σ
			n	M±σ	n	M±σ	n	M±σ	n	M±σ	n	M±σ	
0—0,5	117	0,41±0,08	21	-0,46±0,16	47	0,63±0,11	35	1,64±0,11	6	2,49±0,12	8	3,91±0,29	1,06±1,02
0,75—2,0	46	1,31±0,21	10	-0,39±0,15	22	0,71±0,12	6	1,71±0,13	5	2,71±0,13	3	3,75±0,28	1,02±1,06
2,25—3,0	4	2,60±0,12	—	—	—	—	2	1,59±0,12	2	2,60±0,14	—	—	2,09±0,67
3,25—4,0	2	3,63±0,12	—	—	—	—	2	1,67±0,14	—	—	—	—	1,67±0,52
4,25—5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого	169		31		69		45		13		11		
M±σ		0,74±0,67**		-0,44±0,16		0,66±0,12		1,65±0,14		2,59±0,15		3,56±0,29	1,08±1,10*

\* — статистически значимое различие с дооперационными данными,  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,001$ .

Таблица 4

Острота зрения без коррекции и со сфероцилиндрической коррекцией до и после секторальной ЛТК (n=169)

Vis		До секторальной ЛТК		После секторальной ЛТК					M±σ	
		n/%	M±σ	<0,1 (n/%)	0,2–0,4 (n/%)	0,5–0,7 (n/%)	0,8–0,9 (n/%)	1 (n/%)		
≤0,1	б/к	102/60,3	0,084±0,001	8/4,7	31/18,3	18/10,6	25/14,8	20/11,8		
	с/к	4/2,4	0,087±0,006	—	—	—	—	—		
0,2–0,4	б/к	46/27,2	0,33±0,03	—	8/4,7	31/18,3	7/4,1	—		
	с/к	31/18,3	0,31±0,04	—	13/7,7	14/8,3	4/2,4	—		
0,5–0,7	б/к	21/12,4	0,58±0,03	—	—	8/4,7	7/4,1	—		
	с/к	93/55	0,62±0,04	—	—	24/14,2	66/39,0	7/4,1		
0,8–0,9	б/к	—	—	—	—	—	—	—		
	с/к	21/12,4	0,85±0,05	—	—	—	17/10,1	4/2,4		
1,0	б/к	—	—	—	—	—	—	—		
	с/к	20/11,8	0,98±0,02	—	—	—	1/0,6	19/11,2		
n/%	б/к	169		8/4,7	39/23,1	57/33,7	39/23,1	26/15,4		
	с/к	169		—	13/7,7	38/22,5	88/52,1	30/17,7		
M±σ	б/к		0,21±0,04	0,090±0,005	0,31±0,07	0,61±0,04	0,87±0,03	0,98±0,08		0,64±0,07**
	с/к		0,51±0,02		0,330±0,006	0,64±0,07	0,86±0,04	0,99±0,07		0,76±0,06*

\* — статистически значимое различие с дооперационными данными, p<0,05; \*\* — p<0,01.

лен в табл. 4. Остроту зрения без коррекции (ОЗБК) до ЛТК, равную ≤0,1, имели 102 глаза (60,3%), >0,5 — 21 (12,4%), ОЗБК>0,7 до операции не была отмечена ни в одном случае. Средняя ОЗБК равнялась 0,21±0,04.

Острота зрения с очковой коррекцией (ОЗОК) ≥0,8 определялась лишь у 41 глаза (24,2%). Средняя ОЗОК равнялась 0,51±0,02. Отсутствие полного зрения объяснялось наличием рефракционной амблиопии. При этом рефракционная амблиопия высокой степени отмечалась у 4 глаз (2,4%).

После операции в соответствии с усилением рефракции роговицы произошло повышение остроты зрения глаз как без коррекции, так и с очковой коррекцией: ОЗБК выше 0,5 отмечалась у 72,2% пациентов (12,4% до ЛТК). Поввысилась, соответственно, и средняя ОЗОК — с 0,51±0,02 до 0,76±0,06 (p<0,05). При этом средняя ОЗБК после ЛТК (0,64±0,07) превысила среднюю ОЗОК до операции (0,51±0,02) (p<0,05).

**Заключение.** Разработанная технология лазерной термокератопластики на созданной лазерной установке «ОКО-1» обеспечивает высокую эффективность коррекции по рефракционным и функциональным показателям простого гиперметропического и смешанного астигматизма до 3,5 дптр и более.

### Литература

- Ивашина А.И., Ермилова И.А., Нестеренко Т.И. Отдаленные результаты хирургической коррекции гиперметропии и смешанного астигматизма у детей методом инфракератопластики. Офтальмохирургия 1994; 4: 31—35.
- Elitcroft D.I., Adams G.G. et al. Retinal dysfunction and re-

- fractive errors: an electrophysiological study of children. Br J Ophthalmol 2005; 89(4): 484—488.
- Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия. СПб: Издательский дом СПбМАПО; 2002; 285 с.
- Гудечков В.Б. Кератокоагуляция в хирургической коррекции астигматизма. В кн.: Хирургия аномалий рефракции глаза. М; 1981; с. 78—83.
- Линник Е.А. Опыт применения мягких торических линз для коррекции астигматизма у детей. В кн.: Актуальные вопросы контактной коррекции зрения. Сб. науч. трудов. М; 2005; с. 26.
- Розенблюм Ю.З. Функционально-возрастной подход к компенсации аметропий. Вестник офтальмологии 2004; 1: 51—56.
- Naoumidi T.L., Kounis G.A., Astirakakis N.I., Tsatsaronis D.N., Palikaris I.G. Two-year Follow-up of conductive keratoplasty for the treatment of hyperopic astigmatism. J Cataract Refract Surg 2006; 32(4): 732—741.
- Pallikaris I., Kumionis G.D., Astyrakakis N.I. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2001; 27(11): 1796—1802.
- Trokel S.L., Srinivasan R., Braren B.A. Eximer Laser of Surgery. Am J Ophthalmol 1983; 96: 710—715.
- Зеленская М.В., Черкашина М.Г. Осложнения при контактной коррекции зрения и их профилактика. В кн.: Актуальные вопросы контактной коррекции. Сб. науч. трудов МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца. М; 1989; с. 64—66.
- Карамян А.А., Дога А.В., Гаджиева Д.З. Сравнительные результаты различных вариантов операций LASIK для коррекции высокого астигматизма. В кн.: Материалы научн.-практ. конф. «Федоровские чтения — 2002». М; 2002; с. 154—157.

12. Семенова Н.А., Сугробов В.А. Коррекция гиперметропии по технологии ЛАЗИК на отечественном лазере «Микроскан». Тезисы докладов 8-го съезда офтальмологов России. М; 2005; с. 266—267.
13. Varley G.A., Huang D., Rapiano C.J. et al. LASIK for hyperopia, hyperopic astigmatism and mixed astigmatism. J Ophthalmology 2004; 111(8): 1604—1617.
14. Wygladowska-Promienska D., Zawajska I., Gierek-Ciaciura S., Sarzynski A. Correction of irregular astigmatism using excimer laser MEL-70 G-Scan with the TOSCA program (introductory report). Klin Oczna 2000; 102(6): 443—447.
15. Ibrahim O. Laser in situ keratomileusis for residual hyperopic astigmatism. J Refract Surg 1998; 14(2, Suppl): 179—182.
16. Rosman M., Chua W.H., Tseng P.S. et al. Diffuse lamellar keratitis after laser in situ keratomileusis associated with surgical marker hens. J Cataract Refract Surg 2008; 34(6): 974—979.
17. Куликова И.Л. Лазерная термокератопластика в коррекции индуцированного посттравматического астигматизма роговицы у детей. Российская педиатр офтальм 2009; 1: 34—36.
18. Паштаев Н.П., Сусликов С.В., Мышкина Т.З., Вартапетов С.К. Лазерная кератопластика на установке «ЛИК-100» для коррекции гиперметропии и астигматизма. Материалы научн.-практ. конф. «Федоровские чтения — 2002». М; 2002; с. 263—267.
19. Bend T., Jean B., Oltrup T. Laser thermal keratoplasty using a continuous wave diod laser. J Refract Surg 1999; 15: 16—22.
20. Nano H.D., Muzzin S. Noncontact holmium: YAG laser thermal keratoplasty for hyperopia. J Cataract Refract Surg 1998; 24: 751—757.
21. Eggink C.A., Meurs P., Bardak Y., Deutman A.F. Holmium laser thermal keratoplasty for hyperopia and astigmatism after photorefractive keratectomy. J Refract Surg 2000; 16: 317—322.