

Различия профиля периферического дефокуса после ортокератологической и эксимер-лазерной коррекции миопии

В.В. Нероев, Е.П. Тарутта, А.Т. Ханджян, Н.В. Ходжабекян, С.В. Милаш

ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России

Различные воздействия, изменяющие топографию роговицы, могут индуцировать изменения периферической рефракции. **Цель:** сравнительная оценка периферической рефракции и контура сетчатки в миопических глазах после FS-LASIK и ортокератологической (ОК) коррекции. **Материал и методы.** Обследованы 30 пациентов (60 глаз): 12 пациентов (24 глаза) с миопией в среднем $-5,11 \pm 0,50$ дптр и длиной передне-задней оси (ПЗО) = $25,04 \pm 0,33$ мм в возрасте $28,86 \pm 2,83$ года до и через месяц после FS-LASIK; 18 пациентов (36 глаз) с миопией в среднем $-5,40 \pm 0,24$ дптр, ПЗО = $25,78 \pm 0,20$ мм, пользующихся ОК-линзами ESA-DL. Всем пациентам определяли периферическую рефракцию (Grand Seiko Binocular autorefractometer) и периферическую длину глаза (IOL Master) в зонах 15° и 30° к носу и к виску от центра фовеа. **Результаты.** Периферическая длина глаза до и после FS-LASIK и на фоне ОК-коррекции во всех периферических зонах была меньше, чем в центре, что соответствует гиперметропическому периферическому дефокусу. Рефрактометрия после процедуры FS-LASIK выявила формирование миопического дефокуса, максимального в 30° : $T15^\circ - 2,49$ дптр, $N15^\circ - 2,5$ дптр, $T30^\circ - 6,73$ дптр и $N30^\circ - 7,8$ дптр. После ОК-коррекции максимальный миопический дефокус выявляется на средней периферии: $-4,89$ дптр в $T15^\circ$, $-5,51$ дптр в $N15^\circ$, $-2,92$ дптр в $T30^\circ$ и $-2,4$ дптр в $N30^\circ$. **Заключение.** Оба воздействия индуцируют значительный периферический миопический дефокус. В первом случае максимальные значения дефокуса наблюдаются в крайней периферической зоне (30° от центра фовеа), во втором — на средней периферии, в 15° от центра. Такие паттерны периферической рефракции полностью совпадают со специфическими изменениями топографии роговицы после указанных воздействий. Контур сетчатки в пределах 30° от центра сохраняет свойственный интактным миопическим глазам относительный гиперметропический дефокус.

Ключевые слова: миопия, периферическая рефракция, дефокус, периферическая длина глаза, ортокератология.

Российский офтальмологический журнал, 2017; 1: 31-35

Визуальная среда, или, точнее, дефокус различного знака посредством механизма зрительной обратной связи (visual feedback) участвует в процессе эметропизации у человека и животных [1–3]. В работе E. Smith 3rd на человекообразных обезьянах было показано, что визуальные сигналы в фовеа не имеют существенного значения для нормального хода рефрактогенеза [4]. Напротив, индуцированный на периферию сетчатки гиперметропический дефокус приводил к ускоренному и даже неравномерному росту глаза в соответствующих сегментах (локальное увеличение длины глаза) [5].

На основе фундаментальных результатов экспериментальных работ последних десятилетий была выдвинута гипотеза, согласно которой относитель-

ный гиперметропический дефокус на периферии сетчатки может быть фактором риска развития миопии, дающим триггерный стимул для компенсаторного роста глазного яблока, а миопический дефокус, наведенный на периферию сетчатки, может замедлить или остановить осевое удлинение, следовательно, развитие или прогрессирование миопии. Предположение о возможной связи между развитием близорукости и периферическим преломлением обусловило повышенный интерес к разработке и созданию новых средств коррекции миопии, учитывающих периферическое преломление [6, 7]. В широкой клинической практике относительный миопический периферический дефокус создается с помощью ночных газопроницаемых ортокератологических (ОК)

контактных линз за счет запрограммированного изменения профиля эпителия роговицы, что приводит к уплощению ее центральной части и выпячиванию (и усилению преломления) парацентральных отделов. Во многих контролируемых исследованиях разных авторов показано, что у детей школьного возраста, использующих в качестве коррекции миопии ОК-линзы, близорукость прогрессирует медленнее за счет снижения темпов аксиального роста глаза [8–10]. Более всего это торможение удается связать с постоянным действием значительного индуцированного периферического миопического дефокуса [11].

Различные кераторефракционные вмешательства также изменяют кривизну, топографию и преломляющую силу роговицы. За последние 10 лет за рубежом было проведено несколько исследований, посвященных периферической рефракции после LASIK, и результаты их противоречивы. L. Ma и соавт. [12] обнаружили формирование высокого миопического дефокуса на периферии сетчатки в 20° от центра после LASIK, однако не сравнивали его с результатами ОК-коррекции. A. Querros и соавт. [13] обнаружили увеличение периферической миопии после ОК-коррекции, однако LASIK, по их данным, уменьшал периферическую миопию во всем горизонтальном меридиане вплоть до 35° от точки фиксации. Сообщений о параллельных исследованиях периферической рефракции и контура сетчатки после LASIK и ОК-коррекции мы не встретили.

ЦЕЛЬЮ работы явилась сравнительная оценка периферической рефракции и контура сетчатки в миопических глазах после эксимер-лазерной и ОК-коррекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено у 30 пациентов (60 глаз) с миопией средней степени. Первую группу составили 12 пациентов (24 глаза) с миопией средней степени в возрасте 21–39 лет (в среднем $28,86 \pm 2,83$ года), которые были обследованы до и через месяц после эксимер-лазерной коррекции миопии методом «фемтоЛасик» (FS-LASIK). Эксимер-лазерная коррекция была проведена на эксимерном лазере Nidek EC 5000, зона абляции — 6,5 мм, переходная зона — 7,0 мм, глубина абляции в среднем — $92,50 \pm 9,65$ мкм. Лоскут роговицы формировали с помощью фемтосекундного лазера Femto LDV (Ziemer): заявленная толщина лоскута — 100 мкм, диаметр лоскута — $9,31 \pm 0,09$ мм. Исходная степень миопии составила в среднем $-5,11 \pm 0,5$ дптр,

длина передне-задней оси (ПЗО) = $25,04 \pm 0,33$ мм. Вторую группу составили 18 пациентов (36 глаз), пользующихся ночными ОК-линзами ESA-DL. Исходная степень миопии составила в среднем $-5,4 \pm 0,24$ дптр, длина ПЗО = $25,78 \pm 0,20$ мм.

Всем пациентам, помимо стандартного офтальмологического обследования, проводили исследование периферической рефракции и длины глаза в идентичных зонах сетчатки [14]: по зрительной оси, в 15° и 30° к носу (N15°, N30°) и в 15° и 30° к виску (T15°, T30°) от центра фовеа в горизонтальных меридианах (рис. 1). Периферическую рефракцию определяли с помощью бинокулярного авторефрактометра «открытого поля» Grand Seiko WR — 5100K. Для дозированного отклонения взгляда была сконструирована насадка, на которой нанесены 4 метки для фиксации взгляда в положении 15° и 30° к носу и к виску от центрального. В каждой позиции высчитывали сферический эквивалент рефракции. Для вычисления периферического дефокуса из величины периферического сферэквивалента вычитали значение центральной (осевой) рефракции с учетом ее знака (т. е. получали алгебраическую разность, например: $(-4,0) - (-5,0) = +1,0$ — гиперметропический дефокус).

Длину глаза в тех же зонах определяли с помощью частично когерентной интерферометрии на аппарате IOLMaster (Carl Zeiss, Germany) следующим образом. К экрану прибора прикрепили метки, обеспечивающие дозированное отклонение взгляда на 15° и 30° в носовую и височную стороны. Исследование проводили в условиях циклоплегии при взгляде прямо и при фиксации каждой метки. Для вычисления дефокуса и суждения о форме глаза вычисляли разницу каждого периферического и центрального значений. Относительное укорочение длины глаза на периферии по сравнению с центром свидетельствует об ослаблении рефракции, т. е. гиперметропическом дефокусе (обозначается

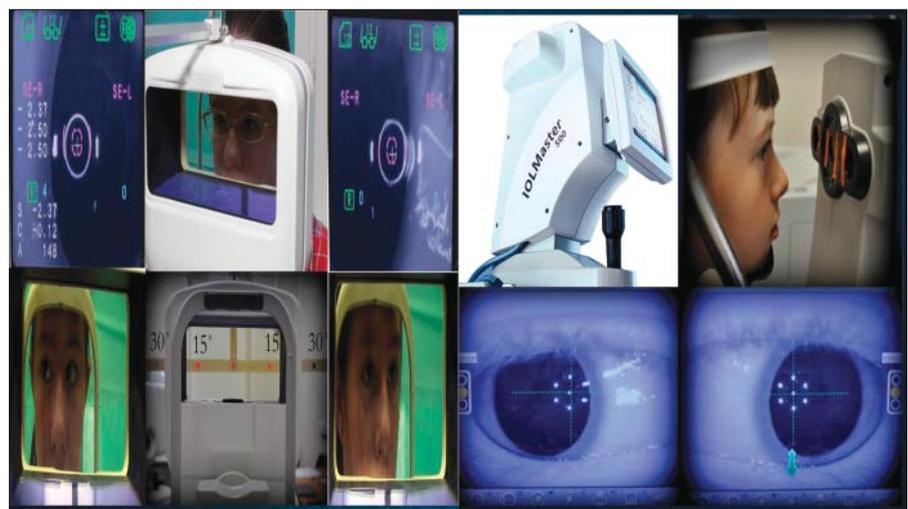


Рис. 1. Измерение периферической рефракции и периферической длины глаза.

знаком «+»), относительное удлинение — об усилении рефракции, т. е. миопическом периферическом дефокусе (обозначается знаком «-»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показано в таблицах 1, 2, периферическая длина глаза до и после эксимер-лазерной и на фоне ОК-коррекции во всех периферических зонах была меньше, чем в центре, что соответствует гиперметропическому периферическому дефокусу, свойственному глазам с миопией средней степени, и свидетельствует о вытянуто-эллипсоидной форме заднего полюса глаза в пределах исследованной 30°-ной зоны.

ПЗО, измеренная от передней поверхности роговицы до пигментного эпителия, после FS-LASIK уменьшилась на 0,11 мм, что хорошо коррелирует с глубиной абляции. Так, в работе Е. Тау и соавт. [15] было показано, что увеличение глубины абляции на 1 мкм приводит к снижению осевой длины на $0,00118 \pm 0,00005$ мм.

Выявлена недостоверная тенденция к уменьшению длины глаза (на 0,06 мм по сравнению с исходной) в 15°-ной парацентральной зоне, что также

следует связать с уменьшением толщины роговицы вследствие эксимер-лазерной абляции. В зонах 30° к носу и к виску показатели длины глаза не изменились по сравнению с исходными.

Данные периферической рефракции до и после FS-LASIK и после ОК-коррекции представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, до LASIK рефракция по мере удаления от центра ослабевала, дефокус во всех периферических зонах был гиперметропическим, что полностью согласуется с биометрическими данными таблицы 1. Не только знак, но и величина дефокуса находились в полном согласии: минимальное значение гиперметропического дефокуса и минимальное укорочение длины глаза выявлены в зоне 15° к носу, а максимальные — в 30° к виску от центра fovea.

После процедуры FS-LASIK, изменившей профиль роговицы, во всех периферических точках выявляется значительный миопический дефокус: -2,49 и -2,5 дптр на средней периферии, -6,73 и -7,8 дптр — в 30° к виску и к носу, соответственно.

Представляет интерес сравнение периферического дефокуса после эксимер-лазерной и

Таблица 1. Осевая и периферическая длина глаза и относительный периферический дефокус до и после FS-LASIK и после ОК-коррекции

Показатели	Угол отклонения взгляда от оптической оси				
	T30	T15	0	N15	N30
Периферическая длина глаза до FS-LASIK, мм	24,27 ± 0,28	24,91 ± 0,28	25,04 ± 0,33	24,95 ± 0,39	24,72 ± 0,41
Относительный периферический дефокус до FS-LASIK, мм	0,77 ± 0,10	0,13 ± 0,07	—	0,09 ± 0,09	0,32 ± 0,09
Периферическая длина глаза после FS-LASIK, мм	24,30 ± 0,32	24,85 ± 0,30	24,93 ± 0,31	24,89 ± 0,35	24,70 ± 0,45
Относительный периферический дефокус после FS-LASIK, мм	0,63 ± 0,11	0,08 ± 0,07	—	0,04 ± 0,09	0,23 ± 0,09
Периферическая длина глаза после ОК-коррекции, мм	24,90 ± 0,21	25,55 ± 0,15	25,78 ± 0,20	25,69 ± 0,19	25,25 ± 0,23
Относительный периферический дефокус после ОК-коррекции, мм	0,88 ± 0,08	0,23 ± 0,04	—	0,09 ± 0,08	0,53 ± 0,15

Таблица 2. Данные осевой и периферической рефрактометрии и относительный периферический дефокус до и после FS-LASIK и после ОК-коррекции

Показатели	Угол отклонения взгляда от оптической оси				
	T30	T15	0	N15	N30
Периферическая рефракция до FS-LASIK, дптр	-3,30 ± 0,65	-4,79 ± 0,52	-5,11 ± 0,50	-4,91 ± 0,51	-3,37 ± 0,60
Относительный периферический дефокус FS-LASIK, дптр	1,81 ± 0,54	0,32 ± 0,19	—	0,20 ± 0,15	1,74 ± 0,52
Периферическая рефракция после FS-LASIK, дптр	-6,24 ± 0,68	-2,00 ± 0,38	0,49 ± 0,12	-2,01 ± 0,39	-7,31 ± 0,74
Относительный периферический дефокус после FS-LASIK	-6,73 ± 0,67*	-2,49 ± 0,37*	—	-2,50 ± 0,38*	-7,80 ± 0,73*
Периферическая рефракция после ОК-коррекции, дптр	-4,35 ± 0,65	-6,32 ± 0,46	-1,43 ± 0,17	-6,94 ± 0,72	-3,83 ± 0,83
Относительный периферический дефокус после ОК-коррекции, дптр	-2,92 ± 0,67**	-4,89 ± 0,47**	—	-5,51 ± 0,7**	-2,40 ± 0,82**

Примечание. * — разница относительного периферического дефокуса до и после FS-LASIK достоверна, $p < 0,001$; ** — разница относительного периферического дефокуса после FS-LASIK и ОК-коррекции достоверна, $p < 0,001$.

ОК-коррекции. В первом случае дефокус постепенно нарастает и его максимальные значения выявляются на крайней периферии, в 30°-ной зоне: -6,73 дптр в Т30° и -7,8 дптр в N30°. После ОК-коррекции, напротив, максимальные значения миопического дефокуса выявляются на средней периферии (-4,89 дптр в Т15° и -5,51 дптр в N15°), а по мере удаления от центра, в 30°-ной зоне дефокус уменьшается, составляя -2,92 дптр в Т30° и -2,4 дптр в N30° (см. табл. 2).

Полученные данные полностью совпадают с изменениями топографии роговицы вследствие рассматриваемых воздействий (рис. 2). Эксимер-лазерная коррекция обеспечивает равномерное постепенное уплощение передней поверхности роговицы в пределах зоны абляции, так что максимальный перепад кривизны и преломляющей силы приходится на периферию этой зоны — границу обработанной и интактной роговицы.

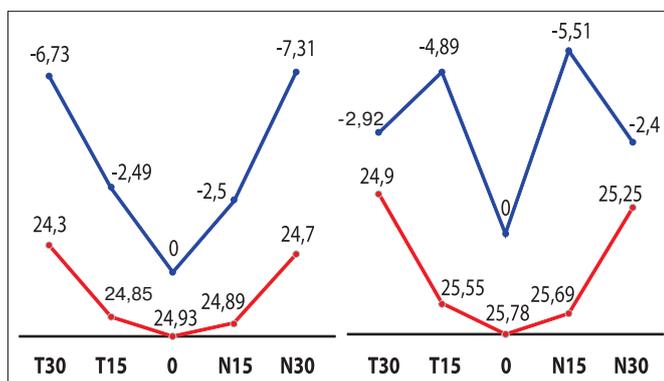


Рис. 2. Индуцированный периферический дефокус (дптр) и форма заднего полюса глаза (мм) после FS-LASIK (слева) и на фоне ОК-коррекции миопии (справа).

Ортокератологические контактные линзы формируют иной профиль передней поверхности роговицы. Наряду с уплощением ее центральной части происходит максимальное увеличение кривизны и преломляющей силы парацентральных отделов (в так называемой «зоне накопления»), убывающее к периферии — в «зоне выравнивания». Таким образом, периферическая рефракция отражает изменения топографии роговицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оба воздействия: FS-LASIK и ОК-коррекция — индуцируют значительный периферический миопический дефокус. После эксимер-лазерной коррекции миопии максимальные значения дефокуса наблюдаются в крайней периферической зоне (30° к носу и виску от центра fovea), а при ортокератологической коррекции миопии — на средней периферии, в 15° к носу и к виску от центра. В интактных глазах с миопией результаты периферической рефрактометрии и частично когерентной интерферометрии совпадают и в равной мере позволяют судить о контуре сетчатки в заднем полюсе глаза. После эксимер-лазерной

и ортокератологической коррекции миопии результаты периферической рефрактометрии и частично когерентной интерферометрии расходятся. Первая выявляет выраженный периферический миопический дефокус, индуцированный измененной топографией роговицы, в то время как вторая — гиперметропический дефокус, свойственный интактным глазам с миопией. Изменения топографии роговицы оказывают влияние на результаты периферической рефрактометрии (Grand Seiko WR-5100K) и не влияют на результаты оптической биометрии (IOL Master 500).

Литература

1. Norton T. T. Animal models of myopia: learning how vision controls the size of the eye. *ILAR J.* 1999; 40 (2): 59–77.
2. Wallman J., Winawer J. Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron* 2004; 43: 447–68.
3. Smith E. L. 3rd, Hung L. F., Arumugam B. Visual regulation of refractive development: insights from animal studies. *Eye (Lond)*. 2014; 28: 180–8.
4. Smith E. L. 3rd, Ramamirtham R., Qiao-Grider Y., et al. Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia. *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007; 48 (9): 3914–22.
5. Smith E. L. 3rd, Huang J., Hung L. F., et al. Hemiretinal form deprivation: evidence for local control of eye growth and refractive development in infant monkeys. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2009; 50: 5057–69.
6. Ticak A., Walline J. J. Peripheral optics with bifocal soft and corneal reshaping contact lenses. *Optom. Vis. Sci.* 2013; 90 (1): 3–8.
7. Тарутта Е. П., Проскурина О. В., Милаш С. В. и др. Индуцированный очками Perifocal-M периферический дефокус и прогрессирование миопии у детей. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2015; 2: 33–7.
8. Cho P., Cheung S. W. Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012; 53: 7077–85.
9. Santodomingo-Rubido J., Villa Collar C., Gilmartin B., Gutierrez-Ortega R. Myopia Control with Orthokeratology Contact Lenses in Spain (MCOS). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012; 2: 215–22.
10. Si J. K., Tang K., Bi H. S., et al. Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis. *Optometry and Vision Science*. 2015; 92: 252–7.
11. Тарутта Е. П., Вержанская Т. Ю. Возможные механизмы тормозящего влияния ортокератологических линз на прогрессирование миопии. *Российский офтальмологический журнал*. 2008; 2: 26–30.
12. Ma L., Atchison D. A., Charman W. N. Off-axis refraction and aberrations following conventional laser in situ keratomileusis. *J. Cataract Refract Surg.* 2005; 31: 489–98.
13. Queiros A., Villa-Collar C., Jorge J., Gutierrez A. R., Gonzalez-Mejome J. M. Peripheral refraction in myopic eyes after LASIK surgery. *Optom. Vis. Sci.* 2012; 89: 977–83.
14. Тарутта Е. П., Милаш С. В., Тарасова Н. А. и др. Периферическая рефракция и контур сетчатки у детей с миопией по результатам рефрактометрии и частично когерентной интерферометрии. *Вестник офтальмологии*. 2014; 6: 44–9.
15. Tay E., Li X., Gimbel H. V., Kaye G. Assessment of axial length before and after myopic LASIK with the IOL Master. *J. Refract. Surg.* 2013; 29 (12): 838–41.

Difference in profile of peripheral defocus after orthokeratology and excimer laser correction of myopia

V.V. Neroev, E.P. Tarutta, A.T. Khandzhyan, N.V. Khodzhabekeyan, S.V. Milash

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia
elenatarutta@mail.ru

*A variety of factors that change the topography of the cornea may also induce changes in peripheral refraction. **Purpose.** The paper is aimed at assessing the peripheral refraction and retinal contour of myopic eyes after FS-LASIK and orthokeratological (Ortho-k) correction. **Materials and methods.** We examined a total of 30 patients (60 eyes) aging from 28.86 ± 2.83 years which included 12 patients (24 eyes) with myopia of -5.11 ± 0.5 D and with an axial length (AL) of 25.04 ± 0.33 mm before and 1 month after FS-LASIK surgery, and also included 18 patients (36 eyes) with myopia of -5.4 ± 0.24 D and AL of 25.78 ± 0.2 mm who wore ESA-DL Ortho-k lenses. The peripheral refraction of all the patients was measured using the Grand Seiko Open-field binocular autoref/keratometer and the peripheral eye length was measured using the IOL Master 500 (Carl Zeiss) at 15° and 30° nasally (N) and temporally (T), respectively, from the center of fovea. **Results.** The peripheral eye length measured before and after FS-LASIK as well as after Ortho-k correction was less in all peripheral zones than in the center, which corresponds to characteristics observed in hyperopic peripheral defocus. Refraction measured after FS-LASIK showed the formation of myopic defocus with a maximum at 30° from the following results: -2.49 D at T 15° , -2.5 D at N 15° , -6.73 D at T 30° , and -7.8 D at N 30° . The maximal myopic defocus after Ortho-k correction was detected in the middle periphery from these following results: -4.89 D at T 15° , -5.51 D at N 15° , -2.92 D at T 30° and -2.4 D at N 30° . **Conclusions.** Both procedures induced a significant peripheral myopic defocus. In the first case, the maximum values of defocus were detected in the peripheral zone (30° from the center of the fovea); in the second case, the maximal effect on the middle periphery was identified 15° from the center. Such patterns of peripheral refraction fully coincided with the specific changes in corneal topography after the two procedures. The retinal contour within 30° from the center retained the relative hyperopic defocus characteristic of intact myopic eyes.*

Keywords: myopia, peripheral refraction, defocus, peripheral eye length, orthokeratology.

doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-1-31-35

Russian Ophthalmological Journal, 2017; 1: 31–5

See the full version at <http://roj.igb.ru/eng>

References

1. Norton T.T. Animal models of myopia: learning how vision controls the size of the eye. *ILAR J.* 1999; 40 (2): 59–77.
2. Wallman J., Winawer J. Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron* 2004; 43: 447–68.
3. Smith E.L. 3rd, Hung L.F., Arumugam B. Visual regulation of refractive development: insights from animal studies. *Eye (Lond)*. 2014; 28: 180–8.
4. Smith E.L. 3rd, Ramamirtham R., Qiao-Grider Y., et al. Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007; 48 (9): 3914–22.
5. Smith E.L. 3rd, Huang J., Hung L.F., et al. Hemiretinal form deprivation: evidence for local control of eye growth and refractive development in infant monkeys. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2009; 50: 5057–69.
6. Ticak A., Walline J.J. Peripheral optics with bifocal soft and corneal reshaping contact lenses. *Optom. Vis. Sci.* 2013; 90 (1): 3–8.
7. Tarutta E.P., Proskurina O.V., Milash S.V., et al. Peripheral defocus induced by Perifocal-M spectacle and myopia progression in children. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2015; 2: 33–7 (in Russian).
8. Cho P., Cheung S.W. Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53: 7077–85.
9. Santodomingo-Rubido J., Villa Collar C., Gilmartin B., Gutierrez-Ortega R. Myopia Control with Orthokeratology Contact Lenses in Spain (MCOS). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012; 2: 215–22.
10. Si J.K., Tang K., Bi H.S., et al. Wang. Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis. *Optometry and Vision Science*. 2015; 92: 252–7.
11. Tarutta E.P., Verzhanskaia T.Iu. Possible mechanisms of orthokeratological contact lenses inhibiting impact on myopia progression. *Russian ophthalmological journal*. 2008; 2: 26–30 (in Russian).
12. Ma L., Atchison D.A., Charman W.N. Off-axis refraction and aberrations following conventional laser in situ keratomileusis. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2005; 31: 489–98.
13. Queiros A., Villa-Collar C., Jorge J., et al. Peripheral refraction in myopic eyes after LASIK surgery. *Optom. Vis. Sci.* 2012; 89: 977–83.
14. Tarutta E.P., Milash S.V., Tarasova N.A., et al. Peripheral refraction and retinal contour in children with myopia based on refractometry and partial coherence interferometry. *Vestnik oftalmologii*. 2014; 6: 44–9 (in Russian).
15. Tay E., Li X., Gimbel H.V., Kaye G. Assessment of axial length before and after myopic LASIK with the IOLMaster. *J Refract Surg.* 2013; 29 (12): 838–41.

Адрес для корреспонденции: 105062 Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19; ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России
elenatarutta@mail.ru