

# Роль роговичных аберраций в развитии и прогрессировании артифактической миопии после экстракции врожденной катаракты в грудном возрасте



Л.А. Катаргина



А.С. Галкина



Т.Б. Круглова



С.В. Милаш

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2023;20(4):714–722

**Актуальность.** Во многих работах была показана связь между аберрациями высшего порядка и нарушениями рефракции у детей без сопутствующей патологии, однако у детей с артифакцией таких исследований не проводилось. **Цель:** оценка роговичных аберраций после экстракции врожденной катаракты (ВК) с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) в грудном возрасте, их влияние на динамику роста глаза и прогрессирование миопии. **Пациенты и методы.** Обследованы 32 ребенка от 4 до 15 лет (средний возраст  $9,35 \pm 3,31$  года) с артифакцией, которые были разделены на 2 группы: первая — дети с рефракцией цели (17 детей, 23 глаза), вторая — дети с артифактической миопией (15 детей, 23 глаза). В качестве группы сравнения обследованы 12 детей (24 глаза) с приобретенной миопией средней и высокой степени без офтальмологической патологии (средний возраст  $11,67 \pm 2,43$  года). Кератометрию и аберрометрию роговицы проводили на Шаймпфлюг-камере Galilei G2. **Результаты.** Величина среднеквадратичного отклонения суммарных оптических аберраций (RMS Total) и аберраций высшего порядка (HOA) была выше у детей с артифакцией (при рефракции цели 2,77 и 1,13 мкм, при артифактической миопии 2,48 и 1,15 мкм) в сравнении с приобретенной миопией (1,58 и 0,44 мкм;  $p < 0,05$ ). Величина косого астигматизма и негативного косого трейфола была наибольшей при артифактической миопии (0,63 и (-)0,48 мкм). Динамика ПЗО за четыре года в группе артифактической миопии напрямую коррелировала с HOA ( $r = 0,699$ ;  $p < 0,01$ ), а динамика ПЗО за все время наблюдения имела прямую корреляцию с величиной косого астигматизма ( $r = 0,393$ ;  $p < 0,01$ ) и обратную корреляцию с негативными значениями косого трейфола ( $r = -0,322$ ;  $p < 0,05$ ). **Заключение.** Проведение роговичного разреза во время операции с вынужденным наложением роговичного шва у маленьких детей приводит к увеличению суммарных аберраций высшего порядка, особенно косого астигматизма и косого трейфола. Корреляционные связи между аберрациями и динамикой длины ПЗО свидетельствуют о влиянии монохроматических аберраций на рост глаза уже в ранние сроки после операции.

**Ключевые слова:** врожденная катаракта, артифакция, артифактическая миопия, роговичные аберрации, волновой фронт

**Для цитирования:** Катаргина Л.А., Галкина А.С., Круглова Т.Б., Милаш С.В. Роль роговичных аберраций в развитии и прогрессировании артифактической миопии после экстракции врожденной катаракты в грудном возрасте. *Офтальмология*. 2023;20(4):714–722. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-714-722>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



Л.А. Катаргина, А.С. Галкина, Т.Б. Круглова, С.В. Милаш

Контактная информация: Галкина Александра Сергеевна alexandraugust1@gmail.com

# The Role of Corneal Aberrations in the Development and Progression of Pseudophakic Myopia after Congenital Cataract Extraction in Infancy

L.A. Katargina, A.S. Galkina, T.B. Kruglova, S.V. Milash  
Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases  
Sadovaja-Chernogryzskaja str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(4):714–722

**Relevance.** Many studies have shown a relationship between higher order aberrations and refractive errors in children without comorbidities, but these studies have not been conducted in children with pseudophakia. **Purpose.** Evaluation of corneal aberrations after congenital cataract (CC) extraction with intraocular lens (IOL) implantation in infancy, and their impact on the dynamics of eye growth and myopia progression. **Materials.** Thirty-two children (the median age  $9.35 \pm 3.31$  years; range 4–15 years) with pseudophakia were divided to: group 1, planned refraction (17 children, 23 eyes) and group 2, pseudophakic myopia (15 children, 23 eyes). Twelve children (24 eyes; the median age  $11.67 \pm 2.43$  years) with moderate and high myopia without ophthalmic pathology were examined as a comparison group. Keratometry and aberrometry were performed on a Scheimpflug Galilei G2. **Results.** Total corneal aberrations root mean square (RMS) and higher order aberrations (HOA) were higher in pseudophakic children ( $2.77$  and  $1.13 \mu\text{m}$  in group 1,  $2.48$  and  $1.15 \mu\text{m}$  in group 2) when compared with children with acquired myopia ( $1.58$  and  $0.44 \mu\text{m}$ ;  $p < 0.05$ ). Oblique astigmatism and negative oblique trefoil were the highest in pseudophakic myopia ( $0.63$  and  $-0.48 \mu\text{m}$ ). There were positive correlations between eye growth in 4 years and HOA ( $r = 0.699$ ;  $p < 0.01$ ), eye growth during the total follow-up time and oblique astigmatism ( $r = 0.393$ ;  $p < 0.01$ ), and negative correlation between eye growth during the total follow-up time and oblique trefoil ( $r = -0.322$ ;  $p < 0.05$ ). **Conclusion.** Corneal incision with forced corneal suture during surgery in infants leads to an increase in HOA, especially oblique astigmatism, and oblique trefoil. Correlations between corneal aberrations and the dynamics of globe axial length growth indicate the effect of monochromatic aberrations on eye growth already in the early postoperative period.

**Keywords:** congenital cataract; pseudophakia; pseudophakic myopia; corneal aberrations; wave front

**For citation:** Katargina L.A., Galkina A.S., Kruglova T.B., Milash S.V. The Role of Corneal Aberrations in the Development and Progression of Pseudophakic Myopia after Congenital Cataract Extraction in Infancy. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(4):714–722. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-714-722>

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

**There is no conflict of interests**

Усовершенствование техники проведения факоаспирации врожденной катаракты (ВК) и возможность имплантации интраокулярной линзы (ИОЛ), обеспечивающей непрерывную коррекцию афакии, привело к значительному улучшению функционального прогноза у детей с этой сложной патологией. Однако экстракция нативного хрусталика с заменой его на ИОЛ приводит к нарушению нормального процесса эмметропизации и формированию у части пациентов миопической рефракции в отдаленном послеоперационном периоде [1–4]. Хорошо известно, что при проведении факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ у взрослых пациентов при видимом отсутствии нарушения качества изображения значительно изменяется величина роговичных aberrаций высшего порядка (НОА), таких как кома, трейлоид и тетрафоид, а также aberrаций низшего порядка, среди которых наиболее часто увеличиваются значения косо́го астигматизма [5–11]. Кроме того, разрез роговицы изменяет ее биомеханику, что также влияет на величину aberrаций [12]. В хирургии ВК малый возраст ребенка и неадекватное его поведение в послеоперационном периоде требуют наложения шва на разрез, что способствует индукции aberrаций роговицы.

В работах многих авторов была показана связь между НОА и нарушениями рефракции у детей без сопутствующей патологии [13–17]. По данным В.В. Нероева

и соавт., по мере увеличения степени миопии наблюдалось увеличение значений НОА [15]. Нираока и соавт. обнаружили влияние роговичных aberrаций высшего порядка на прогрессирование миопии [16]. В литературе отсутствуют сведения об изучении роговичных aberrаций у детей после экстракции ВК с имплантацией ИОЛ в грудном возрасте. В нашей предыдущей работе выявлена роль общих aberrаций низшего порядка в прогрессировании миопии у детей с артификацией [18].

**Целью** данной работы явилась оценка роговичных aberrаций у детей после экстракции ВК с имплантацией ИОЛ в грудном возрасте, их влияние на динамику роста глазного яблока и прогрессирование миопии.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы роговичные aberrации волнового фронта у 32 детей от 4 до 15 лет (средний возраст  $9,35 \pm 3,31$  года) с артификацией после экстракции ВК в грудном возрасте. Все дети были разделены на 2 группы в зависимости от рефракции на момент последнего обследования. Первую группу составили дети с рефракцией цели — гиперметропией и миопией слабой степени (17 детей, 23 глаза), во вторую вошли дети с артификацией миопией средней и высокой степени (15 детей, 23 глаза). Средний возраст на момент обследования составил  $9,35 \pm 3,31$  года. В качестве группы сравнения

обследованы 12 детей (24 глаза) с приобретенной миопией средней и высокой степени без офтальмологической патологии с роговичным астигматизмом более 1,0 дптр по данным кератотопографии, значимо не отличающимся от остальных групп (табл. 1). Средний возраст составил  $11,67 \pm 2,43$  года.

Исследование проведено на базе отделения патологии глаз у детей и отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргоники ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России. Всем пациентам проводили исследование рефракции, величины астигматизма, длины переднезадней оси (ПЗО) глаза, данных кератотопографии и роговичных аберраций волнового фронта. Оценивали также динамику сферического эквивалента рефракции (СЭР) и длины ПЗО глаз за последние 2 года для группы рефракции цели и за последние 4 года для группы артификаческой миопии.

Врожденную катаракту удаляли методом факоаспирации, аспирации-ирригации через тоннельные роговичные разрезы 1,2 мм с последующим расширением их до 2,2 или 2,7 мм для имплантации ИОЛ с использованием офтальмоскопической хирургической системы Megatron S4 (Geuder, Германия). Имплантировали моноблочные модели ИОЛ «Acrysof» SN60AT, SN60WF и Noya iSert модель 251.

Оптическую биометрию выполняли с использованием аппарата AL-Scan (Nidek, Япония). Кератометрию и aberromетрию роговицы измеряли на Шаймпфлюг-камере Galilei G2 (Ziemer, Швейцария). В зоне 6 мм определяли косой астигматизм (Z2,-2), величину среднеквадратичного отклонения суммарных оптических аберраций (RMS Total) и аберраций высшего порядка (НОА), вертикальный трейлоид (Z3,-3), косой трейлоид (Z3,3),

вертикальную кому (Z3,-1), горизонтальную кому (Z3,1) и сферическую аберрацию (SA; Z 4,0).

Статистическая обработка выполнена с использованием программы IBM SPSS Statistics. Нормальность распределения оценивалась при помощи критерия Шапиро — Уилка. При отсутствии нормального распределения сравнение данных производилось с помощью критерия Краскела — Уоллиса с поправкой Бонферрони, корреляционный анализ выполнялся с помощью коэффициентов корреляции Спирмена. Анализ номинальных данных выполнялся с использованием точного критерия Фишера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Были проанализированы величина СЭР, общего и роговичного астигматизма, длина ПЗО у детей трех групп. Между всеми параметрами различий для групп артификаческой миопии и приобретенной миопии не наблюдалось (табл. 1). Все три группы были сопоставимы по величине общего и роговичного астигматизма ( $p > 0,05$ ).

При анализе типа астигматизма в группах выявлены следующие особенности (табл. 2).

Особенностью артификаческой миопии являлась высокая частота выявления астигматизма с косыми осями по сравнению с группой рефракции цели ( $p < 0,05$ ), в то время как в группе приобретенной миопии прямой тип астигматизма выявлялся в 100 % случаев.

В тех же группах пациентов мы исследовали роговичные аберрации (табл. 3).

При анализе роговичных аберраций обращают на себя внимание большие значения среднеквадратичного отклонения суммарных оптических аберраций (RMS Total) у всех детей с артификацией как при рефракции цели (2,77 мкм), так и в группе артификаческой

**Таблица 1.** Величина СЭР, астигматизма и длины ПЗО у детей с различной рефракцией

**Table 1.** Refraction error, astigmatism, and axial length in different groups

Группа/Group	N	СЭР, дптр / Refraction error, D	Общий астигматизм, дптр / Total astigmatism, D	Роговичный астигматизм, дптр / Corneal astigmatism, D	ПЗО, мм / Axial length, mm
		Me [Q1–Q3]			
Рефракция цели / Planned refraction	23	-0,25 [-1,5/1,81]	2,00 [3,00/1,25]	2,32 [1,41–2,82]	21,21 [20,22/21,67]
Артификаческая миопия / Pseudophakic myopia	23	-6,88 [-10,50/-5,13]	2,50 [4,50/1,63]	1,54 [0,81–2,99]	24,36 [23,37/25,78]
Группа сравнения миопии / Comparison group	24	-6,63 [-9,38/-4,69]	2,38 [3,50/1,25]	1,51 [1,25–2,82]	25,78 [25,42/27,65]

**Таблица 2.** Тип общего астигматизма у детей с различной рефракцией

**Table 2.** Type of total astigmatism in different groups

Астигматизм / Astigmatism	Группа / Groups		
	Рефракция цели / Planned refraction	Артификаческая миопия / Pseudophakic myopia	Приобретенная миопия / Comparison group
Прямой / With-the-rule	15 (68,2 %)	10 (45,5 %)	24 (100 %)
Обратный / Against-the-rule	4 (18,2 %)	3 (13,6 %)	0 (0 %)
С косыми осями / Oblique	3 (13,6 %)*	9 (40,9 %)*	0 (0 %)
Всего / Total	22 (100 %)	22 (100 %)	24 (100 %)

Примечание: \* различия значимы на уровне  $p < 0,05$ .  
Note: \* statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Таблица 3.** Монохроматические роговичные аберрации у детей с различной рефракцией**Table 3.** Corneal monochromatic aberrations in different groups

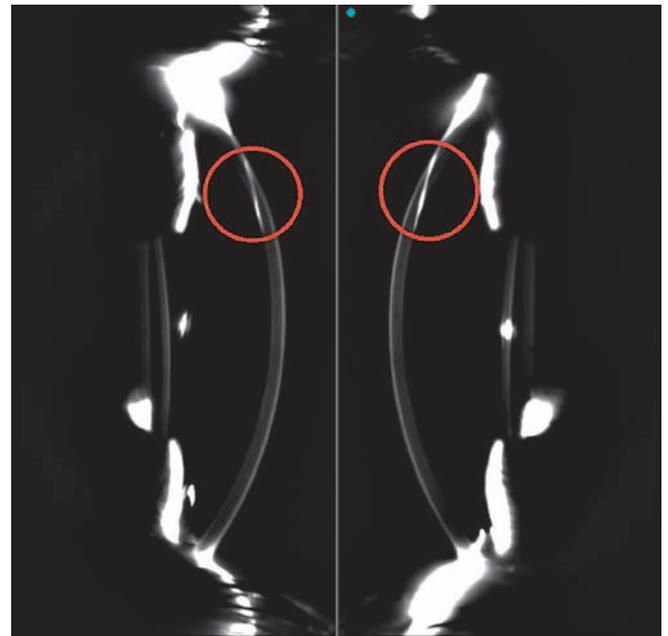
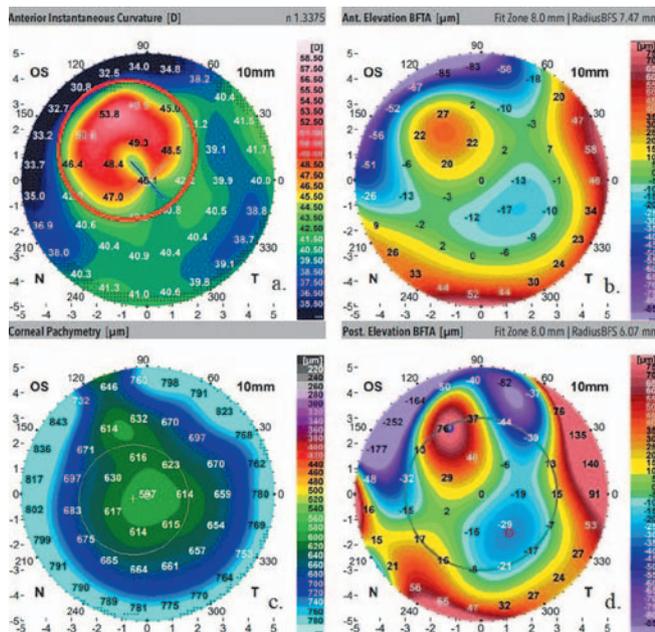
Группа / Group	RMS Total, мкм / $\mu\text{m}$	Косой астигматизм, мкм / Oblique astigmatism, $\mu\text{m}$	Аберрации высших порядков / НОА, $\mu\text{m}$	Вертикальный трейлол, мкм / Vertical trefoil, $\mu\text{m}$	Косой трейлол, мкм / Oblique trefoil, $\mu\text{m}$	Горизонтальная кома, мкм / Horizontal coma, $\mu\text{m}$	Вертикальная кома, мкм / Vertical coma, $\mu\text{m}$	Сферическая аберрация, мкм / Spherical aberration, $\mu\text{m}$
Рефракция цели / Planned refraction	2,77 [1,77/3,07]	0,46 [-0,43/1,48]	1,13* [0,97/1,38]	-0,21* [-0,38/-0,13]	-0,27 [-0,58/-0,08]	0,25 [-0,21/0,68]	-0,13 [-0,28/0,32]	0,26* [0,18/0,30]
Артифактическая миопия / Pseudophakic myopia	2,48 [1,70/3,37]	0,63 [-0,45/1,40]	1,15* [0,88/1,38]	-0,24 [-0,53/0,04]	-0,48* [-0,80/-0,33]	0,15 [-0,08/0,50]	-0,19 [-0,48/0,02]	0,28* [0,17/0,35]
Приобретенная миопия / Acquired myopia	1,58 [1,37/2,75]	0,21 [-0,33/0,59]	0,44** [0,33/0,58]	-0,10* [-0,20/0,01]	-0,1* [-0,16/-0,05]	0,03 [-0,07/0,14]	0,02 [-0,11/0,11]	0,17** [0,13/0,21]

\*\* Различия значимы на уровне  $p < 0,05$  / \*\* Statistically significant differences ( $p < 0,05$ ).

миопии (2,48 мкм) в сравнении с приобретенной миопией (1,58 мкм;  $p < 0,05$ ) (табл. 3). Величина косого астигматизма была максимальной в группе артифактической миопии в сравнении с группами рефракции цели и приобретенной миопии (0,63, 0,46 и 0,21 мкм соответственно;  $p > 0,05$ ). Увеличение индуцированного роговичного астигматизма в некоторых случаях артифактической миопии достигало 5,0 дптр, что проявляло себя на кератотопографии в виде различных паттернов, в частности паттерна «клешня краба» (рис. 1), этого не наблюдалось у детей с приобретенной миопией (рис. 2).

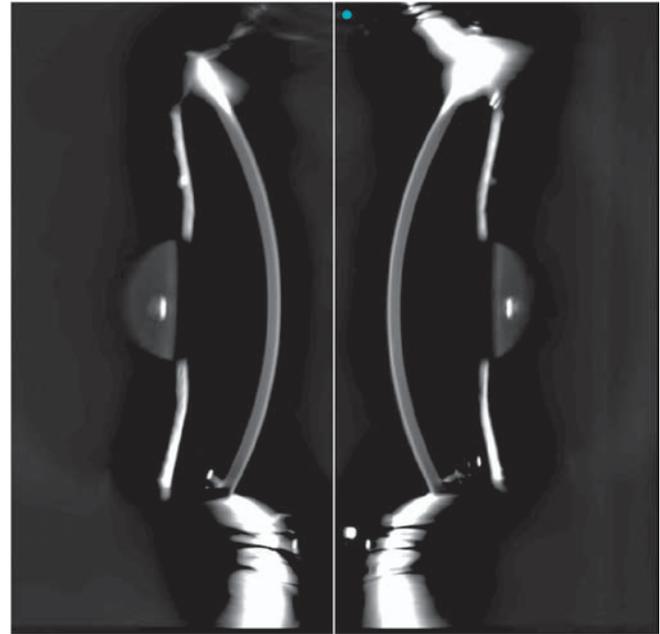
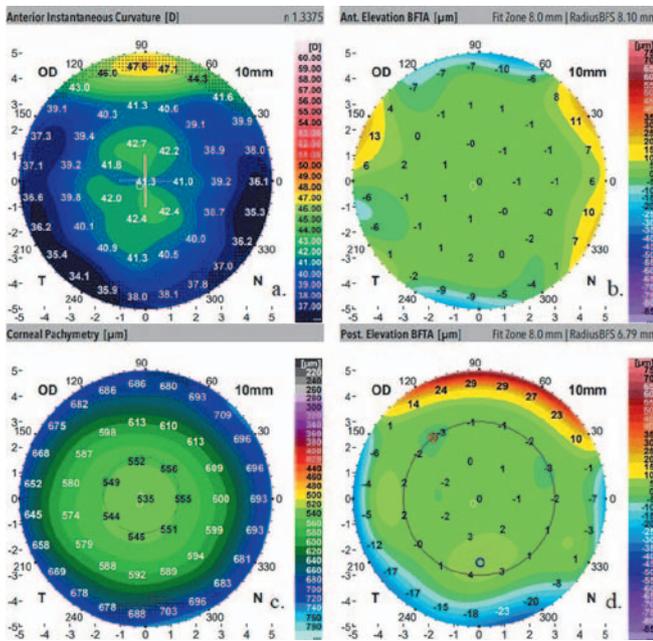
Количество НОА было значимо выше у детей с артифакцией как в группе артифактической миопии (1,15 мкм), так и в группе рефракции цели (1,13 мкм) в сравнении

с приобретенной миопией (0,44 мкм;  $p < 0,01$ ). В группе артифактической миопии НОА увеличивалась в основном за счет вертикального и косого трейлола, а также вертикальной комы. Вертикальный трейлол составил (-)0,24 мкм для группы артифактической миопии, (-)0,21 мкм для группы рефракции цели и (-)0,10 мкм для группы приобретенной миопии ( $p < 0,05$  для последней пары значений). Негативные значения косого трейлола в группе артифактической миопии были значимо выше в сравнении с группой приобретенной миопии ((-)0,48 и (-)0,10 мкм соответственно;  $p < 0,01$ ). Значения косого трейлола также были больше в группе рефракции цели ((-)0,27 мкм), чем в группе приобретенной миопии ((-)0,10 мкм) ( $p < 0,05$ ).



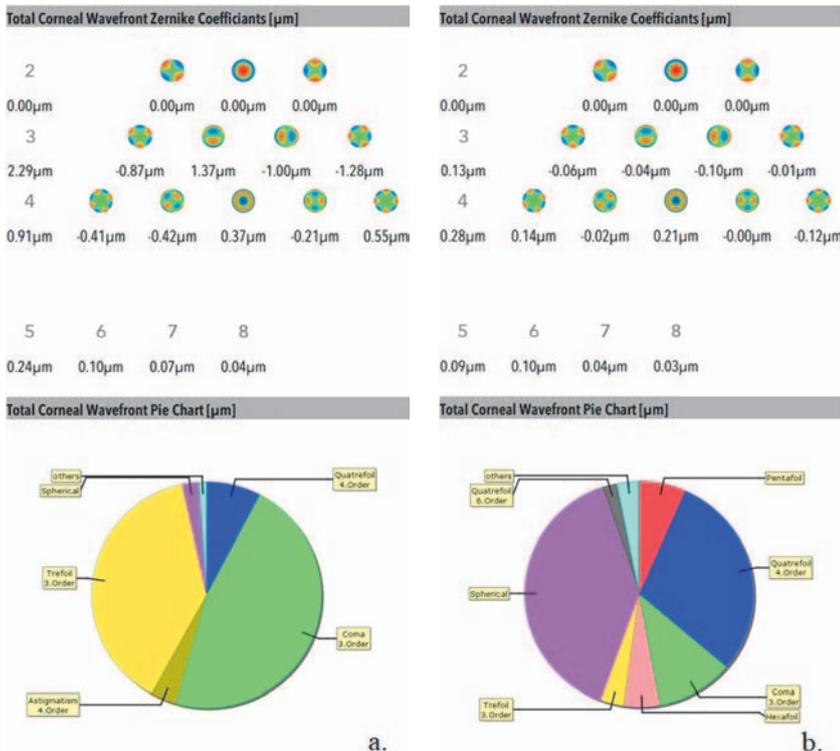
**Рис. 1.** Кератотопографическая карта и профиль роговицы ребенка Ш., 15 лет, с артифактической миопией высокой степени, прооперированного в возрасте 10 месяцев: а — тангенциальная карта, индуцированный роговичный астигматизм, паттерн «клешня краба»; б — карта элевации передней поверхности роговицы, элевация в месте рубца; с — пахиметрическая карта, истончение в месте рубца; д — карта элевации задней поверхности роговицы, элевация в месте рубца

**Fig. 1.** Corneal topography and profile in the 15-year-old child Sh. with high pseudophakic myopia, operated on at 10 months of age: а — anterior instantaneous curvature, induced corneal astigmatism, “crab claw” pattern; б — anterior elevation BFTA, elevation in the scar area; с — corneal pachymetry, thinning the scar area; д — posterior elevation BFTA, elevation in the scar area



**Рис. 2.** Кератотопографическая карта и профиль роговицы ребенка Н., 13 лет, с приобретенной миопией средней степени; а — тангенциальная карта, прямой роговичный астигматизм; б — карта элевации передней поверхности роговицы, норма; с — пахиметрическая карта, норма; д — карта элевации задней поверхности роговицы, норма

**Fig. 2.** Corneal topography and profile in the 13-year-old child N. with acquired moderate myopia; а — anterior instantaneous curvature, corneal with-the-rule astigmatism; б — anterior elevation BFTA, normal values; с — corneal pachymetry, normal values; д — posterior elevation BFTA, normal values



**Рис. 3.** Структура aberrаций высшего порядка: а — ребенок Ш., 15 лет, прооперированный в возрасте 10 месяцев, артифактическая миопия высокой степени; б — ребенок Н., 13 лет, приобретенная миопия средней степени

**Fig. 3.** Higher order aberrations: а — the 15-year-old child Sh., operated on at 10 months of age, high pseudophakic myopia; б — the 13-year-old child N., acquired moderate myopia

Значения горизонтальной комы для групп артифактической миопии, рефракции цели и приобретенной миопии были одинаковыми (0,15, 0,25 и 0,03 мкм соответственно;  $p > 0,05$ ). Имелась тенденция к различиям в величине вертикальной комы ((-)0,19, (-)0,13 и 0,02 мкм соответственно;  $p = 0,079$ ). Значения СА были значимо выше как в группе рефракции цели (0,26 мкм), так и в группе артифактической миопии (0,28 мкм) по сравнению с приобретенной миопией (0,17 мкм,  $p < 0,05$ ), однако не превышали нормальных значений [21] (рис. 3).

Для оценки возможной связи роговичных НОА с показателями длины ПЗО глаза, величины СЭР, а также с данными о динамике ПЗО и СЭР выполнен корреляционный анализ по Спирмену у детей с артифакцией.

У детей с артифакцией не наблюдалось связи между длиной ПЗО глаза и НОА. Величина СЭР имела корреляцию средней силы с величиной вертикальной комы ( $r = 0,308$ ;  $p < 0,05$ ) (рис. 4).

При оценке динамики длины ПЗО глаза и СЭР выявлялось большее количество связей с НОА. Наблюдалась сильная прямая связь между динамикой ПЗО

и НОА (рис. 5) и обратная связь средней силы между динамикой СЭР и НОА (рис. 6), что свидетельствует о влиянии aberrаций высшего порядка на рост глазного яблока у детей с артификацией.

Была оценена связь между динамикой ПЗО за все время наблюдения и роговичными aberrациями. Получена прямая связь средней силы между динамикой роста глаза с момента операции и величиной косого астигматизма (рис. 7), а также обратная связь средней силы между динамикой роста и негативными значениями косого трейфола (рис. 8).

Полученные связи между динамикой ПЗО и СЭР с роговичными НОА, а также связь динамики ПЗО за все время наблюдения с увеличивающимися значениями косого астигматизма и косого трейфола в результате проведения разреза и вынужденного наложения роговичного шва свидетельствуют о возможном их влиянии на рост глазного яблока у детей грудного возраста уже в раннем послеоперационном периоде.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ роговичных aberrаций у детей с артификацией позволил выявить значительное увеличение RMS Total как за счет значений косого астигматизма, так и, в большей степени, за счет НОА.

По данным литературы, Нап и соавт. [19] обнаружили значительное увеличение значений роговичного астигматизма у пациентов с врожденной или приобретенной катарактой в предоперационном периоде, однако возраст пациентов варьировал от 5 до 43 лет. В своих работах Guirao и соавт. [5] и Hidaka и соавт. [9] значимое увеличение косого астигматизма отмечали после факоэмульсификации senильной катаракты. Причем в зоне разреза из-за изменения биомеханических свойств происходило уплощение роговицы с усилением перпендикулярного меридиана [5]. В нашем исследовании основной разрез производился на 11 часах. При этом в послеоперационном периоде сильный меридиан в группе артификаческой миопии в среднем находился в пределах  $71,2 \pm 31,3$  градуса, а в группе рефракции цели — в пределах  $89,4 \pm 34,2$  градуса. Говоря о влиянии типа астигматизма

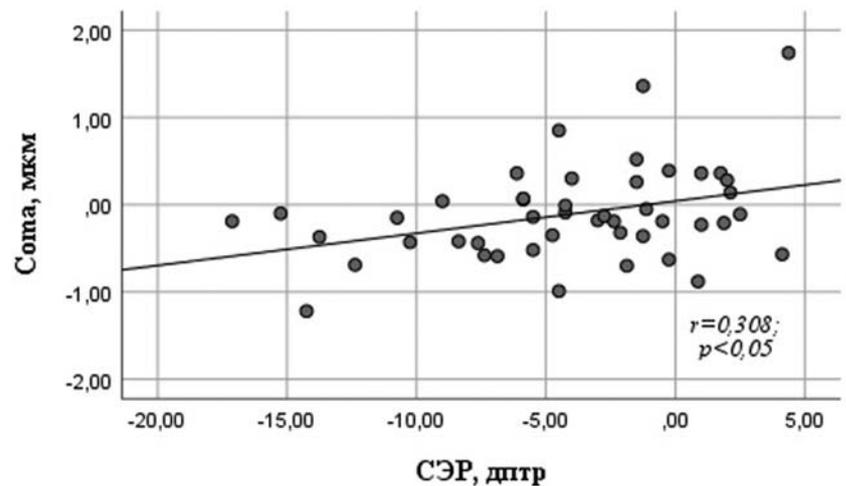


Рис. 4. Зависимость величины СЭР от величины вертикальной комы у детей с артификацией

Fig. 4. Correlation between spheroequivalent and vertical coma in pseudophakic children

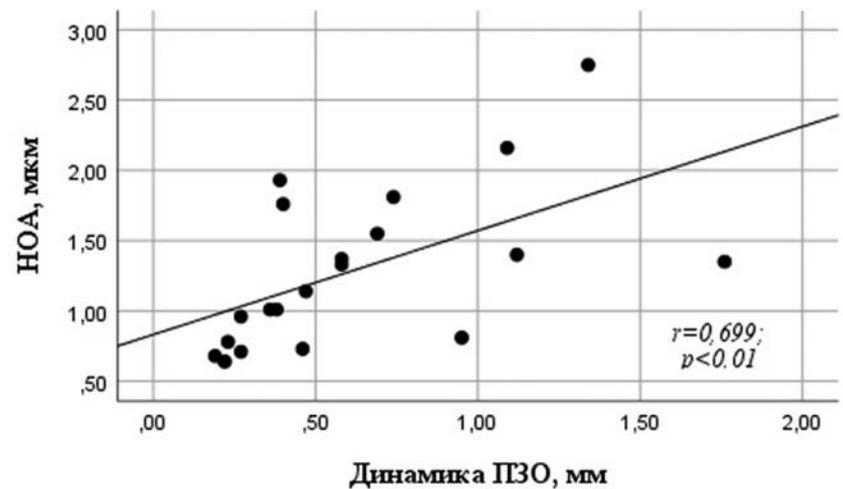


Рис. 5. Зависимость динамики ПЗО от величины НОА у детей с артификацией

Fig. 5. Correlation between eye growth in 4 years and HOA in pseudophakic children

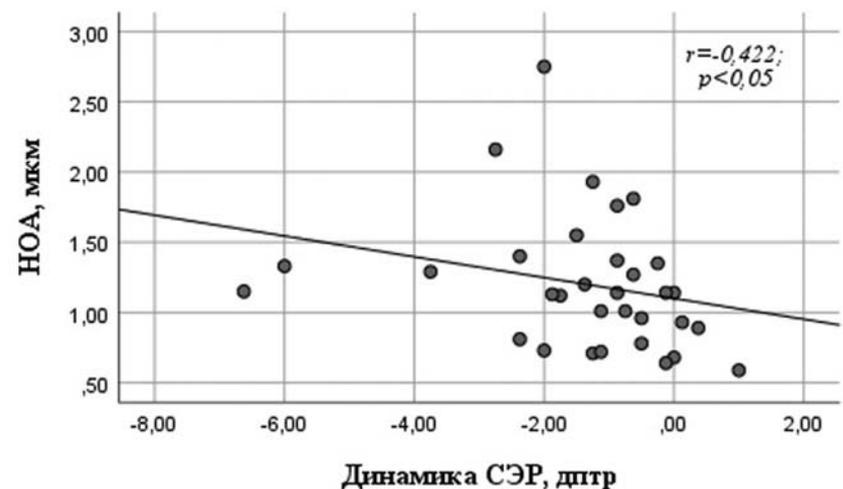
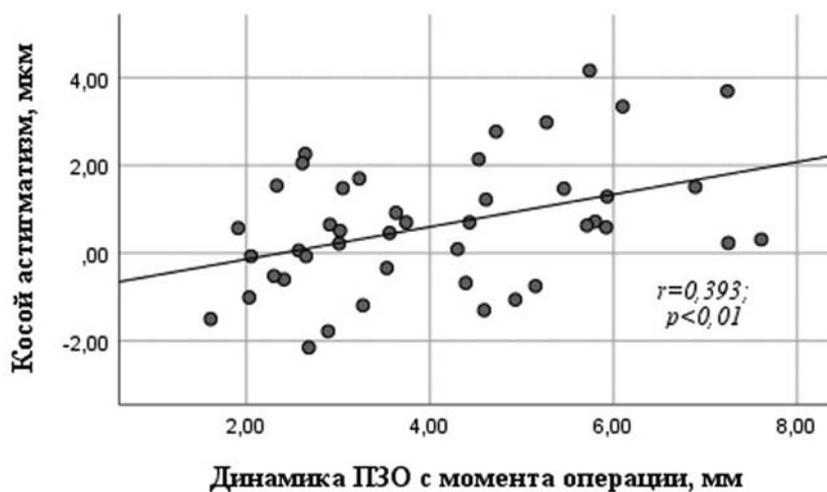


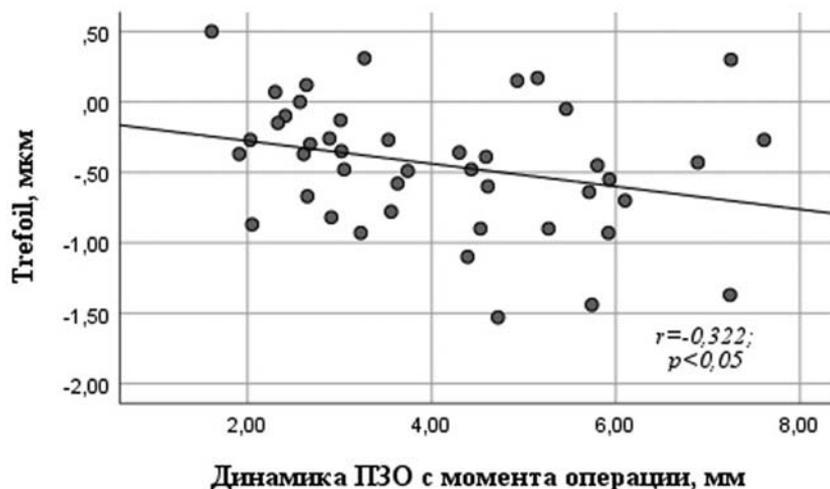
Рис. 6. Зависимость динамики СЭР от величины НОА у детей с артификацией

Fig. 6. Correlation between spheroequivalent dynamics and HOA in pseudophakic children



**Рис. 7.** Зависимость динамики ПЗО за все время наблюдения от величины косого астигматизма у детей с артифанией

**Fig. 7.** Correlation between eye growth during total follow-up time and oblique astigmatism in pseudophakic children



**Рис. 8.** Зависимость динамики ПЗО за все время наблюдения от величины косого трефойла у детей с артифанией

**Fig. 8.** Correlation between eye growth during total follow-up time and oblique trefoil in pseudophakic children

на развитие приобретенной миопии при отсутствии патологии, Fulton и соавт. выявили большие значения близорукости у детей с астигматизмом с косыми осями [20]. Большая частота именно этого типа астигматизма у детей с артифактической миопией в нашем исследовании (табл. 3) может свидетельствовать о роли астигматизма с косыми осями в изменении рефракции у детей с артифакцией.

Бóльшие значения НОА у детей с артифакцией были обусловлены в основном увеличением значений вертикального и косого трефойла. Треfoil — это aberrация третьего порядка, вызванная децентрацией преломляющих поверхностей друг относительно друга из-за различного линейного оптического увеличения на разных участках изображения.

В исследовании Song и соавт. [8] увеличение косого трефойла (в среднем на  $0,176 \pm 0,207$  мкм) наблюдалось после факоэмульсификации senильной катаракты при проведении роговичного разреза 2,2 мм с 8 до 10 часов на левом глазу (с назальной стороны), в то время как такой же разрез на правом глазу (с височной стороны) не приводил к увеличению данной aberrации. Авторы связывают такие изменения с необходимостью проведения разреза под более острым углом с носовой стороны. В исследовании Tong и соавт. [6] выявили значительное увеличение негативных значений косого трефойла ( $p < 0,0001$ ) даже при проведении микроразреза (1,5 мм) во время факоэмульсификации senильной катаракты. В то же время при проведении факоаспирации ВК с имплантацией ИОЛ необходим разрез не менее 2,2 мм. Помимо этого, вынужденное наложение шва на основной разрез роговицы у детей грудного возраста может приводить к смещению передней и задней поверхностей роговицы относительно друг друга вследствие натяжения, тем самым увеличивая значения роговичного трефойла.

Изменение величины роговичных aberrаций по мере прогрессирования миопии было отмечено в ряде работ [13–17]. В исследовании T. Hiraoka и соавт. выявлялась значимая прямая связь между роговичными aberrациями и прогрессированием миопии, причем при проведении регрессионного анализа значимым фактором в прогрессировании близорукости оказались именно НОА [16]. В.В. Нероев и соавт. получили достоверно бóльшие значения роговичных RMS при миопии высокой степени [15]. S. Marcos и соавт. связывают увеличение значений RMS и в особенности значений СА по мере прогрессирования миопии с увеличивающейся асферичностью роговицы [13]. В экспериментальных работах на животных было показано, что развитие миопии вследствие депривации или индуцированного гиперметропического дефекта сопровождается увеличением aberrаций высших порядков [22–24]. Однако часть авторов считает, что НОА могут быть следствием рефракционных ошибок, а не их причиной [24].

Ограничением нашей работы явилось отсутствие оценки роговичных aberrаций в предоперационном периоде, что практически невозможно у детей грудного возраста. Полученные данные о более высоких значениях

косоугольного астигматизма и косоугольного трейфоила у детей с артифакцией по сравнению с группой приобретенной миопии не доказывают увеличение данных aberrаций во время операции. Возможно, увеличенные значения косоугольного астигматизма и косоугольного трейфоила в нашем исследовании связаны с изначальными изменениями роговичного профиля у детей с ВК. Для подтверждения достоверности полученных данных необходимы дальнейшие исследования динамики НОА с параллельной оценкой динамики длины ПЗО глаз.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами впервые обнаружено значительное увеличение aberrаций низшего и высшего порядка у детей после факоаспирации ВК с имплантацией ИОЛ в грудном возрасте по сравнению с детьми, имеющими приобретенную

миопию. Проведение роговичного разреза во время операции с вынужденным наложением роговичного шва у маленьких детей приводит к увеличению суммарных aberrаций высшего порядка, в особенности косоугольного астигматизма и косоугольного трейфоила. Обнаруженные корреляционные связи между данными aberrациями, динамикой длины ПЗО и величиной СЭР свидетельствуют о влиянии монохроматических aberrаций на рост глазного яблока уже в ранние сроки после операции с ускорением процесса эмметропизации и последующей миопизацией у детей с артифакцией.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Катаргина Л.А. — научное редактирование;  
Галкина А.С. — написание текста, подготовка иллюстраций;  
Круглова Т.Б. — написание текста;  
Милаш С.В. — научное редактирование.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Катаргина Л.А., Круглова Т.Б., Егиян Н.С., Трифонова О.Б. Динамика длины переднезадней оси глаза и рефракции у детей с артифакцией после ранней хирургии врожденных катаракт (предварительное сообщение). Российская педиатрическая офтальмология. 2015;10(2):20–24. Katargina LA, Kruglova TB, Egiyan NS, Trifonova OB. The dynamics of the anterior-posterior axis of the eye and refraction in children with pseudophakia after early surgery of the congenital cataract (preliminary report). Russian Pediatric Ophthalmology. 2015;10(2):20–24 (In Russ.). doi: 10.1136/bjo.2006.108571.
2. Ganesh S, Gupta R, Sethi S, Gurund C, Mehta R. Myopic Shift After IOL Implantation in Children Less Than Two Years of Age. Nepal J Ophthalmol. 2018;10(19):11–15. doi: 10.3126/nepjoph.v10i1.21662.
3. Ashworth JL, Maino AP, Biswas S, Lloyd IC. Refractive outcomes after primary intraocular lens implantation in infants. Br J Ophthalmol. 2007 May;91(5):596–599. doi: 10.1136/bjo.2006.108571.
4. Ишбердина Л.Ш., Бикбов М.М. Результаты хирургии врожденной катаракты и коррекции афакии у детей раннего возраста. Офтальмохирургия. 2010;6:13–17. Ishberdina LSh, Bikbov MM. Results of congenital cataract surgery and aphakia correction in young children. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery 2010;6:13–17 (In Russ.).
5. Guirao A, Tejedor J, Artal P. Corneal aberrations before and after small-incision cataract surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2004 Dec;45(12):4312–4319. doi: 10.1167/iov.04-0693.
6. Tong N, He JC, Lu F, Wang Q, Qu J, Zhao YE. Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2008 Dec;34(12):2085–2090. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.08.020.
7. Denoyer A, Denoyer L, Marotte D, Georget M, Pisella PJ. Intraindividual comparative study of corneal and ocular wavefront aberrations after biaxial microincision versus coaxial small-incision cataract surgery. Br J Ophthalmol. 2008 Dec;92(12):1679–1684. doi: 10.1136/bjo.2007.137067.
8. Song IS, Park JH, Park JH, Yoon SY, Kim JY, Kim MJ, Tchah H. Corneal coma and trefoil changes associated with incision location in cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2015 Oct;41(10):2145–2151. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.10.052.
9. Hidaka Y, Yamaguchi T, Saiki M, Dogru M, Tsubota K, Negishi K. Changes in corneal aberrations after cataract surgery. Jpn J Ophthalmol. 2016 May;60(3):135–141. doi: 10.1007/s10384-016-0431-7.
10. He Q, Huang J, Xu Y, Han W. Changes in total, anterior, and posterior corneal surface higher-order aberrations after 1.8 mm incision and 2.8 mm incision cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2019 Aug;45(8):1135–1147. doi: 10.1016/j.jcrs.2019.02.038.
11. Tan QQ, Tian J, Liao X, Lin J, Wen BW, Lan CJ. Impact of different clear corneal incision sizes on anterior corneal aberration for cataract surgery. Arq Bras Oftalmol. 2020 Nov–Dec;83(6):478–484. doi: 10.5935/0004-2749.20200089.
12. Denoyer A, Ricaud X, Van Went C, Labbé A, Baudouin C. Influence of corneal biomechanical properties on surgically induced astigmatism in cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2013 Aug;39(8):1204–1210. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.02.052.
13. Marcos S, Barbero S, Llorente L. The sources of optical aberrations in myopic eyes. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2002;43:1510.
14. Radhakrishnan A, Aswathy VM. Spherical aberration and corneal asphericity in different grades of myopia. Medpulse Int J Ophthalmol. 2017;4(1):1–6.
15. Нероев В.В., Тарутта Е.П., Ханджян А.Т., Арутюнян С.Г., Маркосян Г.А., Ходжабекян Н.В. Aberrации оптической системы глаза при миопии различной степени. Вестник офтальмологии. 2021;137(5):14–21. Neroyev VV, Tarutta EP, Khanjian AT, Harutyunyan SG, Markosyan GA, Khodzhabekyan NV. Optical aberrations of the eyes with various degrees of myopia. The Russian Annals of Ophthalmology. 2021;137(5):14–21 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202113705114.
16. Hiraoka T, Kotsuka J, Kakita T, Okamoto F, Oshika T. Relationship between higher-order wavefront aberrations and natural progression of myopia in schoolchildren. Sci Rep. 2017 Aug 11;7(1):7876. doi: 10.1038/s41598-017-08177-6.
17. Xu Y, Deng J, Zhang B, Xu X, Cheng T, Wang J, Xiong S, Luan M, Zou H, He X, Tang C, Xu X. Higher-order aberrations and their association with axial elongation in highly myopic children and adolescents. Br J Ophthalmol. 2022 Jan 13;bjophthalmol-2021-319769. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-319769.
18. Круглова Т.Б., Егиян Н.С., Мамыкина А.С., Катаргина Л.А. Анализ частоты развития миопии после экстракции врожденной катаракты в грудном возрасте при различных кератометрических и биометрических показателях артифакционных глаз. Российская педиатрическая офтальмология. 2020;15(3):11–16. Kruglova TB, Egiyan NS, Mamykina AS, Katargina LA. The frequency of myopia development after extraction of congenital cataracts in infancy with different keratometric and biometric parameters of pseudophakic eyes. Russian pediatric ophthalmology. 2020;15(3):11–16 (In Russ.). doi: 10.17816/rpo2020-15-3-11-16.
19. Han X, Fan Q, Hua Z, Qiu X, Qian D, Yang J. Analysis of corneal astigmatism and aberration in chinese congenital cataract and developmental cataract patients before cataract surgery. BMC Ophthalmol. 2021 Jan 13;21(1):34. doi: 10.1186/s12886-020-01794-2.
20. Fulton AB, Hansen RM, Petersen RA. The relation of myopia and astigmatism in developing eyes. Ophthalmology. 1982 Apr;89(4):298–302. doi: 10.1016/s0161-6420(82)34788-0.
21. Kemraz D, Cheng XY, Shao X, Zhou KJ, Pan AP, Lu F, Yu AY. Age-Related Changes in Corneal Spherical Aberration. J Refract Surg. 2018 Nov 1;34(11):760–767. doi: 10.3928/1081597X-20181011-01.
22. García de la Cera E, Rodríguez G, Marcos S. Longitudinal changes of optical aberrations in normal and form-deprived myopic chick eyes. Vision Res. 2006 Feb;46(4):579–589. doi: 10.1016/j.visres.2005.06.012.
23. Ksilak ML, Campbell MC, Hunter JJ, Irving EL, Huang L. Aberrations of chick eyes during normal growth and lens induction of myopia. J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol. 2006 Aug;192(8):845–855. doi: 10.1007/s00359-006-0122-9.
24. Ramamirtham R, Kee CS, Hung LF, Qiao-Grider Y, Huang J, Roorda A, Smith EL 3rd. Wave aberrations in rhesus monkeys with vision-induced ametropias. Vision Res. 2007 Sep;47(21):2751–2766. doi: 10.1016/j.visres.2007.07.014.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Катаргина Людмила Анатольевна  
доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела патологии глаз у детей,  
заместитель директора по научной работе  
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-4857-0374>

ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Галкина Александра Сергеевна  
аспирант отдела патологии глаз у детей  
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0003-3521-6381>

ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Круглова Татьяна Борисовна  
доктор медицинских наук, профессор кафедры непрерывного медицинского образования, старший научный сотрудник отдела патологии глаз у детей  
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0003-4193-681X>

ФГБУ «Научный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Милаш Сергей Викторович  
кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики  
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-3553-9896>

**ABOUT THE AUTHORS**

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases  
Katargina Ludmila A.  
MD, Professor, head of the Children eye pathology department, deputy director for research  
Sadovaja-Chernogrjzskaja str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-4857-0374>

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases  
Galkina Alexandra S.  
postgraduate of the Children eye pathology department  
Sadovaja-Chernogrjzskaja str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0003-3521-6381>

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases  
Kruglova Tatiana B.  
MD, Professor, senior researcher of the Children eye pathology department  
Sadovaja-Chernogrjzskaja str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0003-4193-681X>

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases  
Milash Sergey V.  
PhD, researcher of the Department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmology ergonomics  
Sadovaja-Chernogrjzskaja str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-3553-9896>