

Аберрации волнового фронта у детей с миопией и гиперметропией до и после циклоплегии

Е.П. Тарутта — д. м. н., профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

С.Г. Арутюнян — аспирант отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Т.С. Смирнова — к. м. н., старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19

Целью данной работы явилось сравнительное изучение влияния циклоплегии на аберрации волнового фронта у детей с миопией и гиперметропией. **Материал и методы.** В исследовании участвовали 20 пациентов (39 глаз) с миопической (в среднем $-5,2 \pm 1,5$ дптр) и 26 пациентов (52 глаза) с гиперметропической (в среднем $+3,10 \pm 1,15$ дптр) рефракцией в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем $11,6 \pm 0,6$ года). Всем пациентам проводили aberрометрию волнового фронта в затемненной комнате до и после медикаментозной циклоплегии (1 % циклопентолат дегидрохлорид 2 раза с интервалом 10 мин, aberрометрия через 30 мин после первого закапывания) на aberрометре OPD-Scan III, Nidek. Аберрации низшего и высшего порядков анализировали, выбирая ширину зрачка 3 мм, как без циклоплегии, так и в условиях циклоплегии (в последнем случае — с помощью выбора 3 мм зоны). Исследовали общие аберрации (total RMS). Из коэффициентов Цернике были рассчитаны: среднеквадратичное отклонение суммарных аберраций высшего порядка (RMS HOAs), вертикальный и горизонтальный наклон (C1-tilt 1, C2-tilt 2), вертикальный и горизонтальный трейfoil (C5-trefoil 6, C8-trefoil 9), вертикальная и горизонтальная кома (C6-coma 7, C7-coma 8) и сферическая аберрация (S4 + S8 + S12). **Результаты.** Как при миопии, так и при гиперметропии на фоне циклоплегии обнаружилась недостоверная тенденция к повышению общего уровня аберраций высшего порядка, а также сферической аберрации. В естественных условиях при миопии уровень аберраций tilt 1, горизонтальный трейfoil и coma 7 оказались достоверно выше, а coma 8 и tilt 2 — достоверно ниже, чем при гиперметропии. В миопических глазах достоверных изменений всех исследованных HOAs после циклоплегии по сравнению с исходным состоянием не обнаружено. В глазах с гиперметропией обнаружены достоверные изменения: увеличение горизонтального трейfoila и уменьшение горизонтальной комы. Обнаружилась также недостоверная тенденция к увеличению tilt 1 и coma 7 и уменьшению вертикального трейfoila и tilt 2. **Заключение.** В естественных условиях при ширине зрачка 3 мм общий уровень аберраций оптической системы глаз с миопией и гиперметропией у детей достоверно не различается, в то время как структура волнового фронта в указанных группах имеет существенные отличия. Выявленные различия структуры волнового фронта и ее динамики на фоне циклоплегии могут свидетельствовать о разном состоянии аккомодационного аппарата, в частности цилиарной мышцы и связочного аппарата хрусталика, при миопии и гиперметропии.

Ключевые слова: волновой фронт, аберрации, циклоплегия, гиперметропия, миопия.

Для цитирования: Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Смирнова Т.С. Аберрации волнового фронта у детей с миопией и гиперметропией до и после циклоплегии. Российский офтальмологический журнал. 2017; 10 (3): 78-83. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-78-83

Аберрации волнового фронта глаза оказывают большое влияние на формирование ретинального изображения и на качество зрения. Установлена также взаимосвязь аберраций и аккомодации, что играет немаловажную роль в зрительной работоспособности и в рефрактогенезе. Так, было показано, что аберрации высшего порядка (HOAs) изменяются при усилении аккомодации: сферическая аберрация (SA) показывает сдвиг в негативные значения; изменения комы варьируют у разных субъектов; среднеквадратичное отклонение суммарных аберраций высшего порядка (RMS HOAs) увеличивается, хотя индивидуальные колебания здесь также значительны [1–5]. Во время аккомодации изменяется дефокус — как в ту, так и в другую сторону, учитывая возможность гипер- или гипоаккомодации («отставание», accommodation lag). Присутствуют также микрофлюктуации аккомодации и индуцированный ими астигматизм [6–8]. Иными словами, и низшие, и высшие аберрации значительно изменяются во время аккомодации, нарушая в свою очередь качество ретинального изображения.

Как известно, аберрация — это любое угловое отклонение узкого параллельного пучка света от точки идеального пересечения с сетчаткой в центре фовеолы при его прохождении через всю оптическую систему глаза [9]. Подавляющее большинство современных аберрометров работает на принципе расчета полиномов Цернике. Количественной характеристикой оптического качества изображения является среднеквадратичное значение ошибок отклонения реального волнового фронта от идеального (RMS — root mean square) [10].

Полиномы низших порядков (первого и второго) описывают привычные для офтальмологов оптические аберрации: в первой строке пирамиды угловые аберрации первого порядка — tilt (характеризующий наклон волнового фронта), а во второй — дефокусировка (аметропия), правильный астигматизм.

HOAs менее известны: третий соответствует трефойлу (децентрация преломляющих поверхностей относительно друг друга из-за различного линейного оптического увеличения на разных участках изображения) и коме (это SA косых пучков света, падающих под углом к оптической оси глаза). В их основе лежит асимметрия оптических элементов глаза, в результате которой центр роговицы не совпадает с центром хрусталика и фовеолы.

К аберрациям четвертого порядка относится SA, которая в основном обусловлена тем, что периферия хрусталика преломляет падающие на нее параллельные лучи сильнее центра. Более высокие порядки известны как нерегулярные аберрации [11].

В естественных условиях существует физиологический тонус аккомодации, обеспечивающийся балансом между симпатической и парасимпатической иннервацией [12]. Благодаря этому тону

(в основном) внутренняя оптика глаза стремится компенсировать роговичные аберрации, что приводит к снижению общих (глазных) HOAs и улучшению ретинального образа. У детей и молодых лиц с миопией и гиперметропией общие HOAs ниже роговичных [2, 13–16].

Для понимания рефрактогенеза представляет несомненный интерес изучение состояния аберраций у детей без участия аккомодации, т. е. в условиях циклоплегии. Однако влияние циклоплегии на волновой фронт изучено недостаточно. Так, A. Carkeet и соавт. [17] показали, что общие HOAs у лиц 18–27 лет под циклоплегией несколько выше, чем без нее. Напротив, M. Janov и соавт. [18] сообщали об отсутствии существенных различий HOAs до и после циклоплегии у взрослых, а C. Kirwan и соавт. [19] — и у детей 4–14 лет. Возможно, расхождение результатов связано с расовыми различиями обследуемых (Caucasians или Asians), разным алгоритмом исследования (через 30 мин или через 60 мин после инстилляции циклоплектика), а также использованием разной аппаратуры.

ЦЕЛЬЮ данной работы явилось сравнительное изучение влияния циклоплегии на аберрации волнового фронта у детей с миопией и гиперметропией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали 20 пациентов (39 глаз) с миопической (в среднем $-5,2 \pm 1,5$ дптр) и 26 пациентов (52 глаза) с гиперметропической рефракцией (средняя рефракция $+3,10 \pm 1,15$ дптр) в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем $11,6 \pm 0,6$ года). Исследование было одобрено этическим комитетом МНИИ ГБ им. Гельмгольца. Каждый ребенок дал свое согласие на участие в исследовании, и письменное информированное согласие было получено от родителей.

Всем пациентам проводили аберрометрию волнового фронта в затемненной комнате до и после медикаментозной циклоплегии (1 % циклопентолат дегидрохлорид 2 раза с интервалом 10 мин, аберрометрия через 30 мин после первого закапывания) на аберрометре OPD-Scan III (Nidek). Поскольку действие циклоплектиков сопровождается и мидриазом, увеличивающим уровень многих аберраций, мы проводили анализ волнового фронта до и после инстилляции циклопентолата при фиксированной ширине зрачка, чтобы оценить влияние на него только циклоплегии, а не мидриаза. Аберрации низшего и высшего порядков анализировали, выбирая ширину зрачка 3 мм, как без циклоплегии, так и в условиях циклоплегии (в последнем случае — с помощью выбора 3 мм зоны). Исследовали общие аберрации (total RMS). Из коэффициентов Цернике были рассчитаны: среднеквадратичное отклонение RMS HOAs, вертикальный и горизонтальный наклон (C1-tilt 1, C2-tilt 2), вертикальный и горизонтальный трефойл (C5-trefoil 6, C8-trefoil

9), вертикальная и горизонтальная кома (C6-coma 7, C7-coma 8) и SA (S4 + S8 + S12).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования волнового фронта до и после циклоплегии при фиксированном диаметре зрачка 3 мм представлены в таблице.

Как при миопии, так и при гиперметропии циклоплегия сопровождалась тенденцией к повышению общего уровня НОAs: с $0,21 \pm 0,05$ до $0,35 \pm 0,05$ и с $0,16 \pm 0,01$ до $0,27 \pm 0,05$ соответственно. Однако эти изменения не были статистически достоверны. Такую же недостоверную тенденцию к увеличению на фоне циклоплегии показала SA: при миопии — с $0,030 \pm 0,003$ до $0,040 \pm 0,001$; при гиперметропии — с $0,040 \pm 0,002$ до $0,05 \pm 0,01$ ($p > 0,05$). Остальные НОAs при миопии и гиперметропии изменялись по-разному. В миопических глазах достоверных изменений всех исследованных НОAs после циклоплегии по сравнению с исходным уровнем не обнаружено. Единственным показателем, приближавшимся к достоверности, была вертикальная кома (coma 7): после циклоплегии ее значение уменьшалось вдвое — с $0,020 \pm 0,002$ до $0,010 \pm 0,003$ ($p = 0,056$). В глазах с гиперметропией обнаружены достоверные изменения двух полиномов Цернике: горизонтальный трейлол (trefoil 9) увеличился на 200 % и перешел в положительные значения (с $-0,020 \pm 0,005$ до $0,02 \pm 0,01$, $p < 0,05$); горизонтальная кома (coma 8) уменьшилась на 200 % и перешла в отрицательные значения (с $0,005 \pm 0,004$ до $-0,005 \pm 0,003$, $p < 0,05$).

Tilt 1 и coma 7 обнаружили недостоверную тенденцию к увеличению с переходом из отрицательных в положительные значения (с $-0,014 \pm 0,010$ до $0,004 \pm 0,010$, $p > 0,05$ и с $-0,003 \pm 0,002$ до $0,003 \pm 0,002$, $p > 0,05$ соответственно), а вертикальный трейлол (trefoil 6) и tilt2 — к уменьшению, в последнем случае — с переходом из положительных в отрицательные значения (с $-0,04 \pm 0,01$ до $-0,03 \pm 0,01$, $p > 0,05$ и с $0,01 \pm 0,01$ до $-0,004 \pm 0,010$, $p > 0,05$ соответственно).

ОБСУЖДЕНИЕ

При циклоплегии хрусталик уплощается с соответствующим изменением радиусов кривизны его поверхностей и отодвигается кзади [20, 21]. М. Dubbelman и соавт. [22] с помощью шаймпфлюг-анализатора показали, что аккомодация вызывает «гипертрофию» центральной порции хрусталика. Усиливающаяся при этом кривизна и собирающая способность (convexity) этой порции обеспечивают более сильное преломление центральных лучей, т. е. отрицательную сферическую аберрацию. При циклоплегии происходят обратные процессы, которые и приводят к положительному сдвигу SA. Такой сдвиг обнаружили М. Jankov и соавт. [18], а Т. Hiraoka и соавт. [13] — достоверное повышение SA (S4 + S6) с положительным знаком, а также об-

щих НОAs при фиксированной ширине зрачка 6 мм. В последней работе отмечено также повышение комаподобных аберраций (S3 + S5), признанное авторами недостоверным при приведенном значении $p = 0,042$.

Циклоплегия должна оказывать влияние и на положение хрусталика, который в естественных, нециклоплегических условиях, при расслабленных цинновых связках несколько опускается книзу и кнутри [23, 24]. Изменения положения хрусталика могут привести к изменению (рассогласованию) центрации оптических элементов глаза — оптических центров роговицы, хрусталика и фовеа. Подобные изменения ожидаемо должны отразиться на таких аберрациях, как tilt, coma, trefoil [25, 26]. Помимо этого, циклоплегия приводит к некоторому перемещению центра зрачка, по разным данным, на 0,1–0,6 мм [27], как в назальную, так и в темпоральную сторону. М. Wilson и соавт. [28] сообщили, что это смещение всегда было направлено в сторону ахроматической оси глаза.

Таким образом, анатомические сдвиги, происходящие в процессе аккомодации, дезаккомодации и под воздействием циклоплегических средств, предрасполагают к изменениям волнового фронта. Очевидно, изменения волнового фронта будут тем больше, чем больше наступившие под действием циклоплегии изменения формы и положения хрусталика. Последние могут зависеть от глубины циклоплегии, т. е. выбранного медикамента. Так, в ряде работ отмечено изменение НОAs под действием циклоплектиков (циклопентолат, тропикамид) и отсутствие изменений (или незначительные изменения) под действием нециклоплегических мидриатиков (фенилэфрин 2,5 %, 10 %) [17, 18, 29]. Вероятно также, что различная реакция на циклоплегические средства обусловлена индивидуальными особенностями внутренней оптики глаза и, в частности аккомодационно-хрусталиковой системы.

В этой связи представляет особый интерес сравнение аберраций волнового фронта и их изменений под действием циклоплегии в глазах с миопией и гиперметропией. Согласно полученным нами данным, в исходном состоянии (до циклоплегии) структура волнового фронта при миопии и гиперметропии существенно различается. При миопии tilt 1 больше на 160 % ($p < 0,01$), горизонтальный трейлол — на 100 % ($p < 0,01$), coma 7 — на 760 % ($p = 0,01$), а tilt 2 и coma 8 — меньше на 300–240 % с переходом в отрицательные значения ($p < 0,05$). При этом суммарные аберрации (total RMS) достоверно не различались между указанными рефракционными группами. После циклоплегии, как уже отмечалось, в глазах с миопией ни один из исследованных полиномов Цернике не показал достоверных изменений, в то время как в глазах с гиперметропией достоверно увеличился горизонтальный трейлол (на 200 %, $p < 0,01$) и уменьшилась с переходом в отрицательные

Таблица 1. Параметры волнового фронта до и после циклоплегии
Table 1. Wave front parameters before and after cycloplegia

		Аберрации Aberrations													
		нижшего порядка low order						высшего порядка high order							
3 мм зона зрачка 3 mm pupil zone	total RMS	tilt 1		tilt 2		trefoil 6		coma 7		coma 8		trefoil 9		SA	
		не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия	не цикло- плетия	цикло- плетия
Гиперметропия	0,16 ± 0,01	-0,014 ± 0,010*	0,004 ± 0,010*	0,01 ± 0,01*	-0,004 ± 0,010	-0,040 ± 0,010	-0,03 ± 0,01	-0,003 ± 0,002*	0,003 ± 0,002*	0,005 ± 0,004**,*	-0,005 ± 0,003**	-0,020 ± 0,005**,*	0,02 ± 0,01**,*	0,040 ± 0,002	0,05 ± 0,01
Миопия	0,21 ± 0,05	0,05 ± 0,01*	0,03 ± 0,01*	-0,02 ± 0,01*	-0,02 ± 0,01	-0,04 ± 0,01	0,020 ± 0,002*	0,010 ± 0,003*	-0,007 ± 0,002*	-0,007 ± 0,002*	-0,007 ± 0,002	-0,01 ± 0,01*	-0,01 ± 0,01*	0,030 ± 0,003	0,040 ± 0,001

Примечание. * — различие между группами миопии и гиперметропии достоверно, $p < 0,05$; ** — различие между показателями до и после циклоплегии достоверно, $p < 0,05$.
Note. * — difference between myopic and hyperopic group is significant, $p < 0,05$; ** — difference between parameters measured before and after cycloplegia is significant, $p < 0,05$.

значения горизонтальная кома (на 200 %, $p < 0,05$). Таким образом, в естественных условиях при ширине зрачка 3 мм уровень аберраций tilt 1, горизонтальный трейлоил и вертикальная кома достоверно выше при миопии, чем при гиперметропии, а их изменения в ответ на циклоплегию существенно ниже или отсутствуют. Нам представляется, что эти особенности можно связать с состоянием связочного аппарата хрусталика и цилиарной мышцы. Повышенный уровень аберраций, связанных с наклоном хрусталика, его смещением, децентрацией оптических элементов связок (возможно, связанном с избыточным тонусом цилиарной мышцы). Это подтверждается и при циклоплегии: изменение тонуса цилиарной мышцы, натяжения цинновых связок и положения хрусталика недостаточны для существенных изменений волнового фронта. При гиперметропии в исходном состоянии хрусталик «подвешен» более устойчиво, а его экскурсия под циклоплегией (изменение положения и формы) выражена более значительно, что проявляется в изменениях волнового фронта. Такие особенности глаз с миопией в сравнении с гиперметропией представляются неслучайными в свете теорий ее патогенеза и могут быть обусловлены известными характерными особенностями тонуса цилиарной мышцы при близорукости, слабостью связочного аппарата или их сочетанием. Дальнейшие исследования аберраций необходимы как для понимания патогенеза приобретенной близорукости, так и для разработки методов ее прогнозирования, коррекции и лечения.

ВЫВОДЫ

1. В естественных условиях при ширине зрачка 3 мм общий уровень аберраций оптической системы глаз с миопией и гиперметропией у детей достоверно не различается, в то время как структура волнового фронта в указанных группах имеет существенные отличия.

2. В естественных условиях при миопии уровень аберраций tilt1, горизонтальный трейлоил и coma7 достоверно выше, а coma8 и tilt2 — достоверно ниже, чем при гиперметропии.

3. В условиях циклоплегии при фиксированной ширине зрачка 3 мм при гиперметропии достоверно увеличивается горизонтальный трейлоил и уменьшается с переходом в отрицательные значения горизонтальная кома, в то время как при миопии достоверных изменений волнового фронта не наблюдается.

4. Выявленные различия структуры волнового фронта и ее динамики на фоне циклоплегии в глазах с миопией и гиперметропией могут свидетельствовать о разном состоянии аккомодационного аппарата, в частности цилиарной мышцы и связочного аппарата хрусталика, при миопии и гиперметропии.

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: НИКТО ИЗ авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Литература / References

1. Hazel C.A., Cox M.J., Strang N.C. Wave front aberration and its relationship to the accommodative stimulus-response function in myopic subjects. *Optom Vis Sci.* 2003; 80: 151–8. doi: 10.1097/00006324-200302000-00011
2. He J.C., Burns S.A., Marcos S. Monochromatic aberrations in the accommodated human eye. *Vision Res.* 2000; 40 (1): 41–8. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00156-X](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00156-X)
3. Atchison D.A., Collins M.J., Wildsoet C.F., Christensen J., Waterworth M.D. Measurement of monochromatic ocular aberrations of human eyes as a function of accommodation by the Howland aberroscope technique. *Vision Res.* 1995; 35: 313–23.
4. Cheng H., Barnett J.K., Vilupuru A.S., et al. A population study on changes in wave aberrations with accommodation. *J. Vis.* 2004; 4: 272–80. doi:10.1167/4.4.3
5. Yimin Yuan, Yilei Shao, Aizhu Tao, et al. Ocular anterior segment biometry and high-order wavefront aberrations during accommodation. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2013; 54: 7028–37. doi: 10.1167/iovs.13-11893
6. Le R., Bao J., Chen D., He J.C., Lu E. The effect of blur adaptation on accommodative response and pupil size during reading. *Journal of Vision.* 2010, 10 (December): 1. doi: 10.1167/10.14.1
7. Tsukamoto M., Nakajima K., Nishino J., et al. Accommodation causes with the rule astigmatism in emmetropes. *Optom. Vis. Sci.* 2000; 77: 150–5. doi: 10.1097/00006324-200003000-00014
8. Cheng H., Barnett J.K., Vilupuru A.S., et al. A population study on changes in wave aberrations with accommodation. *J. Vis.* 2004; 4: 272–280. doi:10.1167/4.4.3.
9. Charman W.N. Optics of human eye. In: Charman W.N. Visual optics and instrumentation. Florida: CRC Press. 1991; 1: 1–26.
10. Applegate R.A., Hilmantel G., Howland H.C., et al. Corneal first surface optical aberrations and visual performance. *J. Refract. Surg.* 2000; 16: 507–14.
11. Miller J.M., Anwaruddin R., Straub J., et al. Higher order aberrations in normal, dilated, intraocular lens, and laser in situ keratomileusis corneas. *J. Refract. Surg.* 2002; 18 (5): 579–83.
12. Gilmartin B. A review of the role of sympathetic innervations of the ciliary muscle in ocular accommodation. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1986; 6 (1): 23–37. doi: 10.1111/j.1475-1313.1986.tb00697.x
13. Hiraoka T., Miyata K., Nakamura Y., et al. Influences of cycloplegia with topical atropine on ocular higher-order aberrations. *Ophthalmology.* 2013; 120 (1): 8–13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.07.057>
14. El-Hage S.G., Bery F. Contribution of the crystalline lens to the spherical aberration of the eye. *J. Opt. Soc. Am.* 1973; 63 (2): 205–11. doi: 10.1364/JOSA.63.000205
15. Artal P., Guirao A. Contributions of the cornea and the lens to the aberrations of the human eye. *Opt. Lett.* 1998; 23 (21): 1713–15. doi: 10.1364/OL.23.001713
16. Artal P., Guirao A., Berrio E., Williams D.R. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. *J. Vis.* 2001; 1 (1): 1–8. doi: 10.1167/1.1.1
17. Carkeet A., Velaedan S., Tan Y.K., Lee D.Y., Tan D.T. Higher order ocular aberrations after cycloplegic and non-cycloplegic pupil dilation. *J. Refract. Surg.* 2003; 19 (3): 316–20.
18. Jankov 2nd M.R., Iseli H.P., Bueeler M., et al. The effect of phenylephrine and cyclopentolate on objective wavefront measurements. *J. Refract. Surg.* 2006; 22 (5): 472–81.
19. Kirwan C., O'Keefe M., Soeldner H. Higher-order aberrations in children. *Am. J. Ophthalmol.* 2006; 141 (1): 67–70. doi:10.1016/j.ajo.2005.08.031
20. Gao L., Zhuo X., Kwok A.K., et al. The change in ocular refractive components after cycloplegia in children. *Jpn. J. Ophthalmol.* 2002; 46 (3): 293–8. doi: 10.1016/S0021-5155(02)00479-3
21. Dubbelman M., Van der Heijde G.L., Weeber H.A., Vrensen G.F. Changes in the internal structure of the human crystalline lens with age and accommodation. *Vision Res.* 2003; 43 (22): 2363–75.
22. Dubbelman M., Van der Heijde G.L., Weeber H.A. Change in shape of the aging human crystalline lens with accommodation. *Vision Res.* 2005; 45 (1): 117–32. doi: 10.1016/j.visres.2004.07.032
23. Иомдина Е.Н., Бауэр С.М., Котляр К.Е. Биомеханика глаза: теоретические аспекты и клинические приложения. Москва: Реал Тайм; 2015.
Iomdina E.N., Bauer S.M., Kotliar K.E. Eye biomechanics: theoretical aspects and clinical applications. Moscow: Real Time; 2015 (in Russian).
24. Страхов В.В., Минеева Л.А., Бузыкин М.А. Инволюционные изменения аккомодационного аппарата глаза человека по данным ультразвуковой биометрии и биомикроскопии. *Вестник офтальмологии.* 2007; 123 (4): 32–5.
Strakhov V.V., Mineeva L.A., Buzykin M.A. Involution changes of human accommodation according to ultrasound biometry and biomicroscopy. *Vestnik opfal'mologii.* 2007; 123 (4): 32–5 (in Russian).
25. Zernike F. Beugungs theorie des Schneiden verfahrens und seiner verbsserten form der phasen contrast metode. *Physica.* 1934; 2: 689–70.
26. Корниловский И.М., Диденко Т.Н., Годжаева А.М. Влияние медикаментозного спазма аккомодации на структуру аберраций оптического тракта глаза. *Рефракционная хирургия и офтальмология.* 2004; 4 (2): 8–11.
Kornilovskiy I.M., Didenko T.N., Godzhaeva A.M. The impact of medical accommodation spasm on the structure of the eye aberrations. *Refraktionnaja khirurgija i oftal'mologiya.* 2004; 4 (2): 8–11 (in Russian).
27. Walsh G. The effect of mydriasis on the papillary centration of the human eye. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1988; 8 (2): 178–82.
28. Wilson M.A., Campbell M.C., Simonet P. The Julius F. Neumueller Award in Optics, 1989: change of pupil centration with change of illumination and pupil size. *Optom. Vis. Sci.* 1992; 69 (2Feb.): 129–36.
29. Jae-hyung Kim, Taehyung Lim, Myoung Joon Kim, Hungwon Tchah. Changes of higher-order aberrations with the use of various mydriatics. *Ophthalm. Physiol. Opt.* 2009; 29: 602–5. doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00675.x

Поступила: 01.02.2017

Wavefront aberrations in children with myopia and hyperopia before and after cycloplegia

E.P. Tarutta — Dr. Med. Sci., Professor, Head, Department of Refraction Pathology, Binocular Vision and Ophthalmoeconomics

S.G. Arutyunyan — Ph. D. student, Department of Refraction Pathology, Binocular Vision and Ophthalmoeconomics

T.S. Smirnova — Cand. Med. Sci., senior researcher, Department of Refraction Pathology, Binocular Vision and Ophthalmoeconomics

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
elenatarutta@mail.ru

Purpose: a comparative study of the effect of cycloplegia on wavefront aberration in children with myopia and hyperopia. **Material and methods.** The study involved 20 patients (39 eyes) with myopic refraction (averagely -5.2 ± 1.5 D) and 26 patients (52 eyes) with hyperopic refraction (averagely $+3.1 \pm 1.15$ D), aged 5 to 17 (mean age 11.6 ± 0.6 years). All patients underwent wavefront aberrometry in a darkened room before and after a cycloplegic drug administration (1 % cyclopentolate dehydrochloride 2 times with an interval of 10 minutes, aberrometry 30 minutes after the first instillation) using the aberrometer OPD-Scan III, Nidek. Aberrations of the lower and higher orders were analyzed with a pupil 3 mm wide, both without and under cycloplegia (in the latter case, a 3 mm band was chosen). Total aberrations (RMS) were studied. Zernike coefficients were used to calculate the standard deviation of total higher order aberrations (RMS HOAs), the vertical and the horizontal tilt (C1-tilt1, C2-tilt2), the vertical and horizontal trefoil (C5-trefoil 6, C8-trefoil 9), the vertical and horizontal coma (C6-coma7, C7-coma8), and spherical aberration ($S4 + S8 + S12$). **Results.** Both myopia and hyperopia treated with cycloplegia showed a statistically insignificant increasing trend of higher order aberrations and spherical aberration. Under natural conditions, the levels of tilt1 aberration, horizontal trefoil and coma7 proved significantly higher in myopia than in hyperopia, while coma8 and tilt2 turned out to be significantly lower than in hyperopia. In myopic eyes, no significant changes were found in any of the examined HOAs after cycloplegia as compared to the initial state. In contrast, significant changes were found in hyperopia: an increase in horizontal trefoil and a decrease in horizontal coma. An insignificant trend towards an increase in Tilt1 and coma7 and toward a reduction in the vertical trefoil and tilt2 was revealed. **Conclusions.** Under natural conditions, a 3-mm wide pupil shows no statistically significant difference between the total level of aberrations of the optical system of the myopic eye and hyperopic eyes in children, while the wavefront structures in these groups demonstrate essential differences. The differences revealed in the wavefront structure and its dynamics under cycloplegia may indicate differences in the accommodation apparatus, in particular, the ciliary muscles and ligaments of the lens for myopia and hyperopia.

Keywords: wavefront, aberrations, cycloplegia, hyperopia, myopia.

For citations: Tarutta E.P., Arutyunyan S.G., Smirnova T.S. Wavefront aberrations in children with myopia and hyperopia before and after cycloplegia. Russian ophthalmological journal. 2017; 10 (3): 78–83. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-78-83 (in Russian)

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

Для контактов: Тарутта Елена Петровна
E-mail: elenatarutta@mail.ru