

УДК 617.751.6-07

Состояние волнового фронта у детей с различными видами амблиопии

Е.М. Наумова, врач-офтальмолог, заведующая отделением охраны детского зрения № 1;
Е.М. Титаренко, врач-офтальмолог центра рефракционно-лазерной хирургии.

АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова», Российская Федерация, 620149, Екатеринбург, ул. Академика Бардина, 4а.

Конфликт интересов отсутствует.

Авторы не получали финансирования при проведении исследования и написании статьи.

Для цитирования: Наумова Е.М., Титаренко Е.М. Состояние волнового фронта у детей с различными видами амблиопии. The EYE ГЛАЗ. 2020;1:14-20. DOI: 10.33791/2222-4408-2020-1-14-20

Цель: изучить аберрации высокого порядка у детей с амблиопией различной этиологии, оценить взаимосвязь состояния волнового фронта и эффективности лечения амблиопии.

Материал и методы. В данном исследовании участвовали 26 детей (52 глаза) в возрасте от 3 до 9 лет (средний возраст $6,2 \pm 3$ года) с амблиопией различной этиологии: односторонней амблиопией вследствие нарушения бинокулярного зрения и анизометропии, а также одно- или двусторонней рефракционной амблиопией на фоне гиперметропии. Пациенты были разделены на группы в зависимости от эффективности плеоптического лечения: 14 детей (24 глаза) с положительными результатами лечения; 8 детей (12 глаз) с рефрактерной амблиопией, 4 пациента (6 глаз), которым впервые был поставлен диагноз и оптическую коррекцию и плеоптическое лечение ранее не проводили. Контрольную группу составили 10 контрлатеральных глаз без амблиопии.

У всех пациентов наблюдали центральную фиксацию, ни у одного пациента не было тяжелых системных заболеваний.

Аберрационный фронт каждого глаза измеряли с помощью аберрометра волнового фронта iTrace Visual Function Analyzer («Tracey Technologies», Houston, TX, США) в условиях медикаментозной циклоплегии.

Результаты и обсуждение. Анализ волнового фронта выявил некоторые достоверные различия в исследуемых группах. Общие сферические аберрации и астигматизм были достоверно выше в группе

пациентов с рефрактерной амблиопией ($-0,53 \pm 1,19$ и $2,25 \pm 1,07$, $p=0,02$) по сравнению со всеми остальными группами: группой пациентов до плеоптического лечения ($-0,17 \pm 0,23$ и $1,79 \pm 1,47$), с эффективным лечением ($-0,31 \pm 0,81$ и $1,04 \pm 0,13$) и с контрольной группой ($-0,13 \pm 0,17$ и $1,38 \pm 0,11$). Общие комаподобные аберрации не имели достоверной разницы во всех исследуемых группах ($p=0,06$).

Уровень роговичных аберраций высокого порядка (общих, комы, сферических аберраций) во всех группах с амблиопией был выше ($p=0,02$), чем в контрольной группе без амблиопии.

Заключение. В результате проведенного нами исследования выявлены статистически значимые отличия в состоянии волнового фронта у детей с амблиопией различной этиологии в сравнении с контрольной группой, в том числе по аберрациям высокого порядка.

Эти данные свидетельствуют о том, что в амблиопичном глазу при рефракционной, в данном случае гиперметропической амблиопии более высокие значения сферических аберраций и астигматизма являются результатом более высокого значения внутренних сферических аберраций и астигматизма, что характерно для пациентов, у которых лечение амблиопии не привело к улучшению остроты зрения. Следовательно, эти аберрации должны рассматриваться как причина неудачи лечения амблиопии.

Ключевые слова: глазные аберрации, амблиопия, волновая оптика.

Wavefront aberrations in children with different types of amblyopia

Е.М. Naumova, Ophthalmologist, Head of the First Pediatric Department;

Е.М. Titarenko, Ophthalmologist of the Refraction and Laser Surgery Centre.

IRTC Eye Microsurgery Ekaterinburg Center, 4a, Bardin St., Ekaterinburg, 620149, Russian Federation.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Naumova E.M., Titarenko E.M. Wavefront aberrations in children with different types of amblyopia. The EYE GLAZ. 2020;1:14-20. DOI: 10.33791/2222-4408-2020-1-14-20

Purpose: To quantify and characterize higher-order aberrations in eyes of children with amblyopia caused by different etiology factors; to evaluate the relationship between the wavefront profile and the effectiveness of the amblyopia treatment.

Material and methods. This study involved 26 children (52 eyes) from 3 to 9 years old (average age 6.2 ± 3 years) with different types of amblyopia: unilateral amblyopia due to impaired binocular vision and anisometropia, as well as unilateral or bilateral amblyopia caused by hyperopia. Patients were

divided into four groups depending on the effectiveness of pleoptic treatment: 14 children (24 eyes) – with positive treatment results, 8 children (12 eyes) – with refractory amblyopia, 4 pre-treatment newly diagnosed patients (6 eyes) without previous history of optical correction, and 10 non-amblyopic contralateral eyes (control group). All patients had central fixation and didn't have any severe systemic diseases.

Higher-order aberrations were measured with iTrace Visual Function Analyzer (Tracey Technologies, Houston, TX) after instillation of 1% cyclopentolate eyedrops.

Results and discussion. Wavefront profiles were significantly different in the studied groups. Total spherical aberrations and astigmatism were significantly higher in group with refractory amblyopia (-0.53 ± 1.19 and 2.25 ± 1.07 , $p=0.02$) compared with all the other groups: the group of patients before pleoptic treatment (-0.17 ± 0.23 and 1.79 ± 1.47), group treated with high efficiency (-0.31 ± 0.81 and 1.04 ± 0.13) and with control group (-0.13 ± 0.17 and

1.38 ± 0.11). Total coma-like aberrations didn't show statistically significant differences in all studied groups ($p=0.06$).

The level of corneal higher-order aberrations (total, coma, spherical) in all three amblyopic groups was higher than in the control group without amblyopia.

Conclusion. We revealed statistically significant differences in the wavefront profiles in children with amblyopia of various etiologies in comparison with the control group, including higher-order aberrations.

The data obtained indicate that an amblyopic eye with hyperopia has higher level of spherical aberrations and astigmatism due to higher level of internal HOAs, particularly spherical aberrations and astigmatism, which is typical for patients with unsuccessful treatment. Therefore, that type of aberrations is likely to be the main cause of refractory amblyopia.

Keywords: ocular aberration, amblyopia, wavefront optics.

Под абберациями понимают отклонение фактически получаемого изображения на сетчатке от идеального, данные абберометрии являются показателями для характеристики сложных оптических ошибок фокусирования, присущих сложным оптическим системам.

Стандартные объективные методы исследования рефракции с помощью авторефрактометрии в условиях циклоплегии дают информацию об абберациях второго порядка (гиперметропия, миопия, астигматизм, дефокус), данные в этом случае основаны на анализе преломляющей силы роговицы в соотношении с переднезадней осью глаза. Известно, что в глазу человека зачастую роговичные абберации компенсируются хрусталиковыми абберациями и в результате качество ретинального изображения остается высоким, несмотря на наличие аметропии или астигматизма. В других же случаях при небольших степенях аметропии у ребенка возникает амблиопия, зачастую плохо поддающаяся лечению с помощью очковой коррекции. В свою очередь, амблиопия – это постнатальное нарушение нейронального развития зрительной коры головного мозга, возникающее вследствие аномального зрительного опыта в критическом периоде жизни ребенка (первые 7-10 лет), приводящее к хроническому дефициту корковых процессов, даже после устранения амблиогенного фактора [1].

Поэтому особый интерес представляет не только выявление и устранение причины, вызвавшей отклонение остроты зрения от возрастных нормативов, но и изучение роли состояния волнового фронта в процессе рефрактогенеза и развития остроты зрения у ребенка, в частности, уровень общих аббераций глаза, а также отдельных компонентов – роговичного, хрусталикового, аббераций высших порядков, – и их влияние на возникновение амблиопии и эффективность её лечения.

Цель исследования: изучить абберации высокого порядка у детей с амблиопией различной этиологии, оценить взаимосвязь состояния волнового фронта и эффективности лечения амблиопии.

Материал и методы

В группу исследования вошли 26 детей (52 глаза): 8 мальчиков и 18 девочек от 3 до 9 лет (средний возраст $6,2 \pm 3$ года). Из них с рефракционной амблиопией – 16 человек, с дисбинокулярной – 6, с анизотропической – 4.

С гиперметропией слабой степени было 20 глаз, средней степени – 8 глаз, высокой степени – 24 глаза. Астигматизм более 1 дптр – в 28 глазах (табл. 1). На момент начала исследования амблиопия слабой степени выявлена на 30 глазах, средней степени – на 8 глазах, высокой – на 4 глазах, без амблиопии – 10 глаз.

Группа исследования была разделена на подгруппы: в 1-ю вошли пациенты, нерегулярно пользующиеся оптической коррекцией или не пользующиеся ею совсем, с впервые выявленной амблиопией, кому ранее не проводили лечение (4 пациента, 6 глаз); во 2-ю – дети, которым ранее проводили плеоптическое лечение с положительным эффектом на фоне постоянной оптической коррекции (14 пациентов, 24 глаза); в 3-ю – дети с рефрактерной амблиопией, пользующиеся оптической коррекцией более 1 года, которым проводили плеоптическое лечение без положительной динамики по зрительным функциям (8 пациентов, 12 глаз) (табл. 2). В контрольную группу для изучения состояния волнового фронта были включены показатели абберометрии контралатеральных глаз без амблиопии (10 глаз).

Таблица 1. Распределение по виду и степени гиперметропии, n, глаз

Table 1. Distribution of hyperopia type and degree, n, eyes

Гиперметропия слабой степени Low hyperopia	Гиперметропия средней степени Moderate hyperopia	Гиперметропия высокой степени High hyperopia	Астигматизм более 1 дптр Astigmatism more than 1.0 D
20	8	24	28

Таблица 2. Распределение по виду и степени амблиопии

Table 2. Distribution of amblyopia type and degree

Вид амблиопии Amblyopia type	Число пациентов Patients Number	Степень амблиопии Amblyopia Degree	Число глаз Eyes Number
Рефракционная Refractive	16	Слабая Low	30
Дисбинокулярная Strabismic	6	Средняя Moderate	8
Анизометропическая Anisometropic	4	Высокая High	4

Лечебные плеоптические мероприятия включали: оптическую коррекцию, подобранную по общим правилам коррекции аметропии у детей; прямую окклюзию по режиму, предписанному лечащим врачом в зависимости от вида амблиопии и возраста ребенка, чаще всего 3 часа в день сроком не менее 6 месяцев; а также курсы консервативного аппаратного лечения в кабинете охраны детского зрения (лазерстимуляция сетчатки, цветостимуляция, магнитотерапия, использование компьютерных программ и т.п.) не менее 2-х десятидневных курсов в год.

Все пациенты наблюдались в отделении охраны детского зрения в течение 12-24 месяцев и проходили полное офтальмологическое обследование, которое включало определение рефракции (в том числе циклоплегической), кератометрию, авторефрактометрию, исследование остроты зрения, тонометрию, периметрию и пахиметрию (в тех случаях, когда это можно было осуществить), биометрию, исследование сред глаза в проходящем свете, биомикроскопию и офтальмоскопию, а также исследование бинокулярного зрения.

У всех пациентов наблюдали центральную фиксацию, которую оценивали использованием мишени прямого офтальмоскопа. Ни у одного пациента не было значительных глазных или системных заболеваний.

Аберрационный фронт каждого глаза измеряли с помощью аберрометра волнового фронта iTrace Visual Function Analyzer («Tracey Technologies», Houston, TX, США). Для обследования всем пациентам выполнена медикаментозная циклоплегия (инстиляция 1% раствора циклопентолата). Освещение в помещении поддерживали в мезопическом диапазоне, чтобы получить максимальный диаметр зрачка и улучшить видимость цели во время измерений. Для анализа показателей волнового фронта был выбран диаметр зрачка 6 мм.

Результаты и обсуждение

Данные распределения показателей рефракции и длины переднезадней оси (ПЗО) глаза по группам представлены в *табл. 3*. Наибольшие значения гиперметропической рефракции по сфере и сферозэквиваленту были в группе амблиопии с положительным эффектом после плеоптического лечения. Астигматизм более 1 дптр наблюдали в группе с впервые установленным диагнозом и в группе, где лечение амблиопии не привело к улучшению остроты зрения.

Данные остроты зрения представлены в *табл. 4*. Результаты продемонстрировали наименьшие показатели остроты зрения как без коррекции, так и максимально скорректированной остроты зрения в группе с устойчивой к лечебным мероприятиям амблиопией. Разница по остроте зрения без коррекции и с коррекцией в группе детей, которым еще не проводили плеоптическое лечение, была минимальной. Это объясняется тем, что эффект лечения амблиопии в сенситивном возрасте проявляется при продолжительном использовании адекватной оптической коррекции, соответственно улучшение показателей наступает в среднем через 4 месяца непрерывного ношения очков и применения окклюзии. Показатели остроты зрения с максимальной коррекцией в группе с рефрактерной амблиопией были ниже, чем в других группах.

На *рис. 1* представлены результаты исследования с помощью аберрометра волнового фронта iTrace Visual Function Analyzer: распределение на общие, внутренние и роговичные aberrации глаза.

В результате анализа волнового фронта выявили следующее: значение суммарных aberrаций высшего порядка в группе до лечения ($0,97 \pm 0,39$) и с отсутствием эффекта от лечения ($0,92 \pm 1,13$) не показали достоверной разницы, в сравнении с группой эффективного лечения ($0,73 \pm 0,44$, $p=0,06$) (*табл. 5*).

Общие комаподобные aberrации не имели достоверной разницы во всех исследуемых группах ($p=0,06$) (*табл. 5*). Общие сферические aberrации и астигматизм были достоверно выше в группе пациентов с рефрактерной амблиопией ($-0,53 \pm 1,19$ и $2,25 \pm 1,07$, $p=0,02$) по сравнению со всеми остальными группами: группой пациентов до плеоптического лечения ($-0,17 \pm 0,23$ и $1,79 \pm 1,47$), с эффективным лечением ($-0,31 \pm 0,81$ и $1,04 \pm 0,13$) и с контрольной группой ($-0,13 \pm 0,17$ и $1,38 \pm 0,11$).

Роговичные aberrации, в том числе распределение по aberrациям высокого порядка, представлены в *табл. 6*. В исследуемых группах обнаружено различие в уровне общих роговичных aberrаций, а также комы, сферических aberrаций ($p=0,02$) по сравнению с контрольной группой, где все показатели статистически достоверно ниже. Анализ полученных результатов указывает на статистически значимую разницу в группах по наличию астигматизма. Астигматизм преобладает в группе пациентов без эффекта от лечения амблиопии ($p=0,02$). В контрольной группе и группе с эффектом от лечения показатели астигматизма низкие.

Таблица 3. Средние показатели рефракции и ПЗО по группам, M±SD
Table 3. Comparison of optical characteristics of different groups, M±SD

	Группа амблиопии, до лечения Pre-treatment amblyopic group, 6 глаз/eyes	Группа амблиопии, после лечения с эффектом Amblyopic group after effective treatment, 24 глаз/eyes	Группа амблиопии, после лечения без эффекта Refractory amblyopia group, 12 глаз/eyes	Контрольная группа, без амблиопии Control group, 10 глаз/eyes
Сфера, дптр / Sphere, D	+1,75±1,13	+5,16±2,87	+2,04±0,75	+2,25±1,13
Цилиндр, дптр Cylinder, D	+2,08±0,5	+0,84±0,75	+1,3±0,75	+0,5±0,25
Сферэквивалент, дптр Spherical equivalent, D	+2,69±1,72	+4,94±0,86	+2,08±0,74	+1,25±0,35
ПЗО, мм / Axial length, mm	21,7±1,2	20,81±1,14	22,71±1,08	22,23±0,31

Таблица 4. Показатели остроты зрения в исследуемых группах, M±SD
Table 4. Visual acuity (VA) comparison in studied groups, M±SD

Острота зрения Visual acuity	Группа амблиопии до лечения Pre-treatment amblyopic group	Группа амблиопии после лечения с эффектом Amblyopic group after effective treatment	Группа амблиопии после лечения без эффекта Refractory amblyopia group	Контрольная группа Control group
Без коррекции Without correction	0,59±0,32	0,44±0,12	0,2±0,19	0,75±0,28
С максимальной коррекцией Best-corrected visual acuity	0,63±0,3	0,76±0,3	0,41±0,34	0,93±0,07

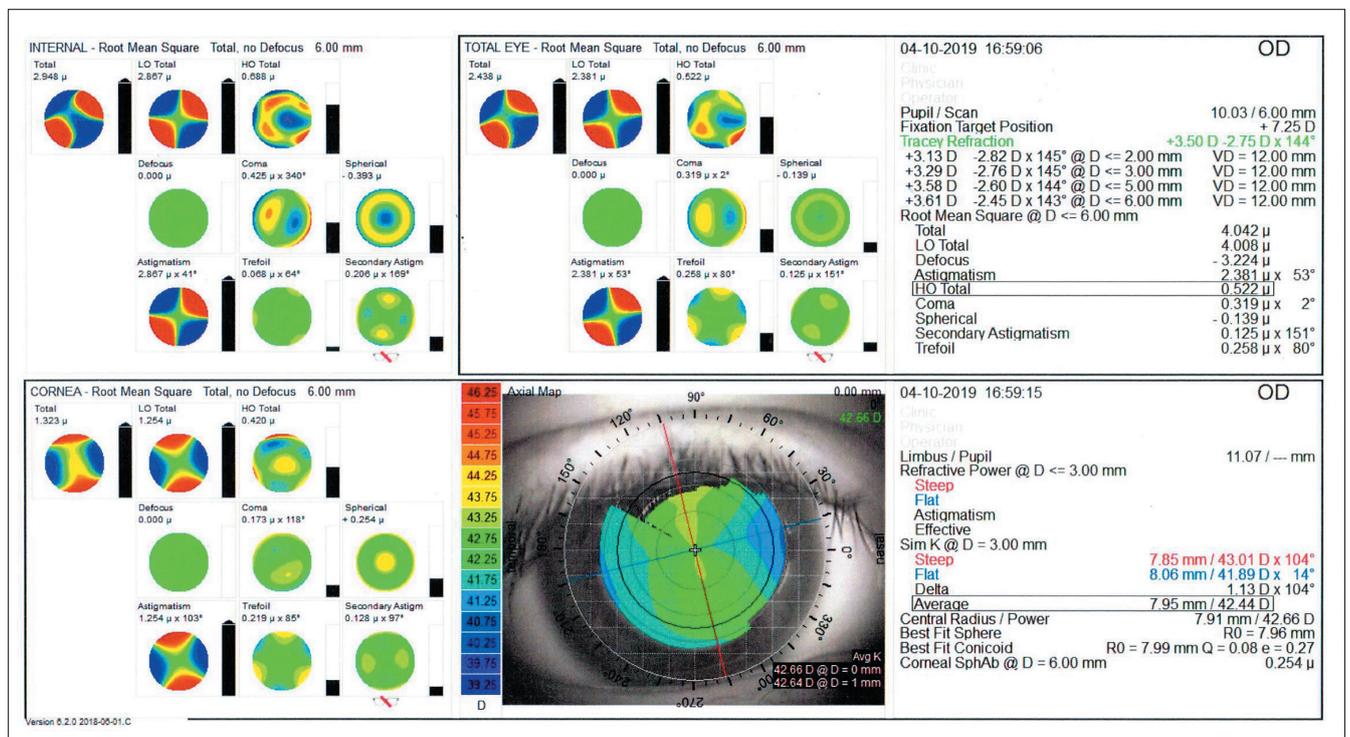


Рис. 1. Аберрационный фронт. Разделение на общие, внутренние и роговичные аберрации
Fig. 1. Wavefront aberrations. Breakdown into total, internal and corneal aberrations

Как видно из табл. 7, при сравнении групп внутренние сферические аберрации и астигматизм были значительно выше в группе рефрактерной амблиопии ($p=0,03$). Не было никаких существенных изменений в общих внутренних аберрациях, внутренней коме во всех группах согласно данным наблюдения ($p=0,06$). В контрольной группе все сравниваемые параметры были достоверно ниже ($p=0,02$).

Роль участия аберраций высокого порядка непосредственно в возникновении амблиопии, например идиопатической, а также взаимосвязь степени выраженности амблиопии, эффективности её лечения и состояния волнового фронта глаза у детей с амблиопией в последнее время изучается многими авторами.

Из литературных источников известно, что группе авторов во главе с доктором Aldebası не удалось

Таблица 5. Общие аберрации волнового фронта в исследуемых группах, мкм ($M\pm SD$)

Table 5. Total wavefront aberrations in studied groups, μm ($M\pm SD$)

	Группа амблиопии до лечения Pre-treatment amblyopic group	Группа амблиопии после лечения с эффектом Amblyopic group after effective treatment	Группа амблиопии после лечения без эффекта Refractory amblyopia group	Контрольная группа Control group
Общие / Total	2,71 \pm 1,43	4,13 \pm 1,65	2,56 \pm 1,86	2,43 \pm 1,72
Общие аберрации низкого порядка Total Low Order Aberrations (LOA)	2,45 \pm 1,54	3,67 \pm 1,18	2,25 \pm 1,07	2,38 \pm 1,01
Общие аберрации высокого порядка Total High Order Aberrations (HOA)	0,97 \pm 0,39	0,73 \pm 0,44	0,92 \pm 1,13	0,52 \pm 0,14
Кома / Coma	0,50 \pm 0,18	0,58 \pm 0,72	0,44 \pm 1,18	0,31 \pm 0,62
Сферические аберрации Spherical Aberrations	-0,17 \pm 0,23	-0,31 \pm 0,81	-0,53 \pm 1,19	-0,13 \pm 0,17
Астигматизм Astigmatism	1,79 \pm 1,47	1,04 \pm 0,13	2,25 \pm 1,07	1,38 \pm 0,11

Таблица 6. Роговичные аберрации волнового фронта в исследуемых группах, мкм ($M\pm SD$)

Table 6. Corneal wavefront aberrations in studied groups, μm ($M\pm SD$)

	Группа амблиопии до лечения Pre-treatment amblyopic group	Группа амблиопии после лечения с эффектом Amblyopic group after effective treatment	Группа амблиопии после лечения без эффекта Refractory amblyopia group	Контрольная группа Control group
Общие / Total	3,72 \pm 0,88	2,57 \pm 1,69	4,31 \pm 1,84	1,32 \pm 0,87
Общие аберрации низкого порядка Total LOA	3,62 \pm 0,83	2,29 \pm 1,38	4,19 \pm 1,82	1,25 \pm 0,45
Общие аберрации высокого порядка Total HOA	0,80 \pm 0,41	1,05 \pm 1,12	0,96 \pm 0,37	0,42 \pm 0,21
Кома / Coma	0,56 \pm 0,27	0,38 \pm 0,50	0,64 \pm 0,08	0,17 \pm 0,12
Сферические аберрации Spherical Aberrations	0,26 \pm 0,16	0,41 \pm 0,41	0,45 \pm 0,19	0,25 \pm 0,21
Астигматизм Astigmatism	2,92 \pm 1,45	1,92 \pm 1,79	4,19 \pm 1,82	1,2 \pm 0,41

Таблица 7. Внутренние аберрации волнового фронта в исследуемых группах, мкм (M±SD)
Table 7. Internal wavefront aberrations in studied groups, μm (M±SD)

	Группа амблиопии до лечения Pre-treatment group	Группа амблиопии после лечения с эффектом Treated amblyopic group	Группа амблиопии после лечения без эффекта Refractory amblyopia group	Контрольная группа Control group
Всего / Total	1,95±0,85	2,87±0,84	2,68±0,39	2,94±0,29
Общие аберрации низкого порядка Total LOA	1,60±0,97	2,55±0,99	2,34±0,58	2,86±0,56
Общие аберрации высокого порядка Total HOA	0,95±0,43	1,23±0,27	1,13±0,58	0,68±0,18
Кома / Coma	0,58±0,34	0,54±0,09	0,37±0,02	0,42±0,24
Сферические аберрации Spherical Aberrations	-0,14±0,21	-0,04±0,01	-0,69±0,33	-0,09±0,02
Астигматизм Astigmatism	1,60±0,97	1,55±0,29	2,34±0,58	1,87±0,42

установить взаимосвязь аберраций высокого порядка, и неудачи в лечении амблиопии у детей 5-14 лет авторы связывают (рефрактерную амблиопию в данном случае) с центральной патологией зрительных центров и нарушением бинокулярного взаимодействия [2]. С. Kirwan et al., которые с помощью аберрометра iTrace исследовали волновой фронт у 15 детей с амблиопией, не выявили достоверно значимого различия по аберрациям высокого порядка (АВП) между амблиопичными и неамблиопичными глазами [3]. Однако несколько исследований подтвердили связь между аберрациями высокого порядка (АВП) и амблиопией [4, 5]. Soo Han Lee et al. в своей статье, посвященной изучению АВП при гиперметропической амблиопии, установили, что сферические аберрации и внутренние аберрации являются основными причинами безуспешного лечения, и не нашли достоверных различий в группах успешного и неуспешного лечения по общим аберрациям, трейфойлу, коме. Авторы отмечают, что на парном глазу у пациентов с односторонней рефрактерной амблиопией не было выявлено значительных отличий в состоянии волнового фронта (АВП, трейфойл, кома, сферические аберрации) [6]. В своей работе по изучению аберраций высших порядков у пациентов с идиопатической амблиопией Gaurav Prakash et al. выявили наличие комаподобных и трейфойлоподобных аберраций (третьего и пятого порядков соответственно) [7].

При объективном исследовании рефракции на основе измерений волнового фронта мы принимали во внимание сложное взаимодействие между аберрациями низших и высших порядков, которое в конечном счете приводит к субъективному определению наилучшего положения фокуса. Для измерения аберраций высших порядков применяли

специальное оборудование с сенсором волнового фронта, обычно называемое аберрометром. Для исследования аберраций в настоящее время используют несколько принципов анализа волнового фронта. Один из них, основанный на анализе ретинального изображения мишени по отслеживанию луча (ray tracing aberrometry), используется в приборе iTrace, который мы применяли.

Так же как корнеотопограф обеспечивает более точную информацию о форме роговицы по сравнению с традиционным кератометром, так и аберрометры предоставляют больше информации об оптике глаза, чем обычный авторефрактометр [8, 9]. Использование в практике детского офтальмолога информации о состоянии волнового фронта амблиопичного глаза имеет большую значимость, особенно у детей дошкольного возраста, когда основной задачей оптической коррекции при амблиопии является ликвидация сенсорной депривации путем создания максимально четкого ретинального изображения с последующим формированием бинокулярных связей.

Заключение

В результате проведенного нами исследования выявлены статистически значимые отличия в состоянии волнового фронта у детей с амблиопией различной этиологии, в том числе по аберрациям высокого порядка. Следует отметить, что сферические и внутренние сферические аберрации, а также астигматизм в глазу были значительно выше у детей, включенных в группу амблиопии без эффекта от проводимого ранее плеоптического лечения, чем в группах успешного лечения амблиопии, впервые выявленной патологии и в контрольной группе.

Эти данные свидетельствуют о том, что в амблиопичном глазу при рефракционной, в данном случае гиперметропической амблиопии более высокие значения сферических аберраций и астигматизма являются результатом более высокого значения внутренних сферических аберраций и астигматизма, что характерно для пациентов, у которых лечение амблиопии не привело к улучшению остроты зрения. Следовательно, эти аберрации должны рассматриваться как причина неудачи лечения амблиопии.

Данное направление перспективно в плане оптимального подбора индивидуальной оптической коррекции с учетом состояния волнового фронта, минимизации аберраций оптической системы ребенка с целью формирования наиболее четкого

ретиального изображения в сроки, когда еще не закончен сенситивный период.

Тем не менее необходимы более масштабные и долгосрочные исследования, чтобы полностью понять степень влияния состояния волнового фронта (в т.ч. аберраций высокого порядка, сферических аберраций и астигматизма) на эффективность лечения амблиопии.

Концепция и дизайн исследования: Наумова Е.М.

Сбор и обработка материала: Наумова Е.М., Титаренко Е.М.

Статистическая обработка данных: Титаренко Е.М.

Написание текста: Наумова Е.М., Титаренко Е.М.

Редактирование: Наумова Е.М.

Литература

1. Маглакелидзе Н.М., Зуева М.В. Амблиопия и бинокулярное зрение. Российский офтальмологический журнал. 2017;2:97-102.
2. Aldebasi H.I., Fawzy S.M., Alsaleh A.A. Ocular aberrations in amblyopic children. Saudi J Ophthalmol. 2013;27(4): 253-258.
3. Kirwan C., O'Keefe M. Higher order aberrations in children with amblyopia. J Pediatr Ophthalmol. Strabismus. 2008;45: 92-96.
4. Yoon G.Y., Williams D.R. Visual performance after correcting the monochromatic and chromatic aberrations of the eye. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2002;19:266-275.
5. Williams D., Yoon G.Y., Porter J. et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. J Refract Surg. 2000;16:S554-S559.
6. Soo Han Lee, Ji Woong Chang. The relationship between higher-order aberrations and amblyopia treatment in hyperopic anisometropic amblyopia. Korean J Ophthalmol. 2014; 28(1):66-75.
7. Gaurav Prakash, Namrata Sharma et al. Comparison of higher order aberrations profiles between normal and amblyopic eyes in children with idiopathic amblyopia. Acta Ophthalmologica. 2011;89:e257-e262.
8. Мейстер Д. Аберрации волнового фронта и очковые линзы. Вестник оптометрии. 2013(5):49-51.
9. Балашевич Л.И. Оптические аберрации глаза: диагностика и коррекция. Окулист. 2001;22(6):12-14.

References

1. Maglakelidze N.M., Zyieva M.V. Amblyopia and binocular vision. Russian Ophthalmological Journal. 2017;2:97-102. (In Russ.)
2. Aldebasi H.I., Fawzy S.M., Alsaleh A.A. Ocular aberrations in amblyopic children. Saudi J Ophthalmol. 2013;27(4): 253-258.
3. Kirwan C., O'Keefe M. Higher order aberrations in children with amblyopia. J Pediatr Ophthalmol. Strabismus. 2008;45: 92-96.
4. Yoon G.Y., Williams D.R. Visual performance after correcting the monochromatic and chromatic aberrations of the eye. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2002;19:266-275.
5. Williams D., Yoon G.Y., Porter J. et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. J Refract Surg. 2000;16:S554-S559.
6. Soo Han Lee, Ji Woong Chang. The relationship between higher-order aberrations and amblyopia treatment in hyperopic anisometropic amblyopia. Korean J Ophthalmol. 2014; 28(1):66-75.
7. Gaurav Prakash, Namrata Sharma et al. Comparison of higher order aberrations profiles between normal and amblyopic eyes in children with idiopathic amblyopia. Acta Ophthalmologica. 2011;89:e257-e262.
8. Meister D. Wavefront aberrations and spectacle lenses. Vestnik Optometrii. 2013(5):49-51. (In Russ.)
9. Balashevich L.I. Optical aberrations of the eye: diagnosis and correction. Okulist. 2001;22(6):12-14. (In Russ.)

Поступила / Received / 18.10.2019

Для контактов: Наумова Екатерина Михайловна, naumova100@inbox.ru