



Взаимосвязь между аберрациями высших порядков и астигматизмом при амблиопии на фоне гиперметропической рефракции

Муханов Шавкат А.

СП ООО «SIHAT KO'Z» (СИХАТ КУЗ)

100093, Узбекистан, Ташкент, Юнус Абад кв-л 4, ул. А. Дониш, д. 4

Резюме

Цель. Изучить изменения значений аберраций высших порядков при лечении амблиопии и провести корреляцию между аберрациями высших порядков и астигматизмом у пациентов с амблиопией на фоне гиперметропической рефракции. **Методы.** В когортное проспективное исследование были включены 36 пациентов (36 глаз) с рефракционной амблиопией в возрасте от 4 до 16 лет. У всех пациентов было состояние анизометропии: эметропия на одном глазу и гиперметропический астигматизм, сочетанный с рефракционной амблиопией разной степени, на другом. В зависимости от степени астигматизма пациенты были разделены на две группы. Астигматизм более 1,5 дптр был выявлен у 20 пациентов (55,5%) и астигматизм менее 1,5 дптр – у 16 (44,5%). Всем пациентам проводили комплексное лечение, включающее кроме постоянного ношения очков 20 получасовых сеансов видеокomпьютерного аутотренинга на приборе «Амблиотрон» в течение 20 дней. Аберрации высших порядков измеряли с помощью aberrometra WaveScan Wavefront System при первом посещении и при 3-, 6- и 12-месячном наблюдении. Для оценки связи между аберрациями высших порядков и астигматизмом был проведен корреляционный анализ. **Результаты.** В процессе лечения амблиопии аберрации высших порядков были снижены в обеих группах. При сравнении двух групп была выявлена значительная разница в коме при 12-месячном наблюдении ($p = 0,043$). При корреляции Пирсона кома при 12-месячном наблюдении продемонстрировала статистически значимую корреляцию с низким, и более сильная корреляция была выявлена в группе пациентов с высоким астигматизмом. **Заключение.** У пациентов с рефракционной амблиопией на фоне гиперметропического астигматизма снижение остроты зрения находится в прямой зависимости от значений аберраций высших порядков, особенно от значений комы, которую следует рассматривать как причину развития амблиопии.

Ключевые слова: амблиопия, астигматизм, аберрации высших порядков, гиперметропия

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: автор не получал финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Для цитирования: Муханов Ш.А. Взаимосвязь между аберрациями высших порядков и астигматизмом при амблиопии на фоне гиперметропической рефракции. The EYE ГЛАЗ. 2021;23(2):27–32. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2021-2-27-32>

Поступила: 20.07.2020

Принята после доработки: 25.12.2020

Опубликована: 30.06.2021

© Муханов Ш.А., 2021.

Relationship between Higher Order Aberrations and Astigmatism in Hyperopic Amblyopia

Shavkat A. Mukhanov

“SIHAT KO'Z” Joint Venture Limited Liability Company,

4, A. Donish str., Yunusabad 4-block, Tashkent, 100093, Uzbekistan

Abstract

Aim. To study the dynamics of changes in the values of higher order aberrations in amblyopia treatment and the correlation between higher-order aberrations and astigmatism in patients with hyperopic amblyopia. **Methods.** This cohort prospective study included 36 patients (36 eyes) with refractive amblyopia aged 4 to 16 years. All patients had anisometropia: emmetropia in one eye and hyperopic astigmatism combined with refractive amblyopia of varying degrees in the other eye. Patients were divided into two groups depending on the degree of astigmatism. Astigmatism greater than 1.5 D was detected in 20 patients (55.5%) and astigmatism less than 1.5 D was detected in 16 patients (44.5%). All patients underwent a complex treatment, including twenty half-hour sessions of videocomputer autotraining using “Amblyotron” device during 20 days, in addition to constant wearing of glasses. Higher order aberrations were measured using the WaveScan Wavefront System aberrometer at the first visit and at 3-, 6- and 12-month follow-up. A correlation analysis was performed to assess the relationship between higher order aberrations and astigmatism. **Results.** There was a statistically significant difference in treatment success between groups with high and low astigmatism. In both groups, higher order aberrations were reduced during the treatment of amblyopia. When comparing the two groups, a significant difference in coma was found at 12-month follow-up ($p = 0.043$). At 12-month follow-up, coma showed a statistically significant correlation with astigmatism, and a stronger correlation with astigmatism was found in the group of patients with high astigmatism. **Conclusions.** In patients with refractive amblyopia associated with astigmatism, the decrease in visual acuity is directly dependent on the values of higher-order aberrations, especially on the values of coma, which should be considered as the cause of the development of amblyopia.

Keywords: amblyopia, astigmatism, higher order aberrations, hyperopia

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

Funding: the author received no specific funding for this work.

For citation: Mukhanov Sh.A. Relationship between higher order aberrations and astigmatism in hyperopic amblyopia. The EYE GLAZ. 2021;23(2):27–32. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2021-2-27-32>

Received: 20.07.2020

Accepted: 25.12.2020

Published: 30.06.2021

© Mukhanov Sh.A., 2021.

Введение

Амблиопия определяется как одностороннее или двустороннее снижение остроты зрения при отсутствии глазной патологии [1]. Амблиопию связывали с неравномерной фoveальной стимуляцией в раннем возрасте из-за потери зрения, косоглазия или рефракционной ошибки. При различных методах лечения амблиопии получают различные результаты в зависимости от степени первопричины заболевания, возраста в начале лечения амблиопии и исполнительности пациента [2]. Хотя определение степени успеха для лечения амблиопии варьируется, зарегистрированный показатель результативного лечения приблизился к 60% [3, 4].

Несколькими исследованиями подтверждена связь между абберациями высшего порядка (АВП) и амблиопией [5, 6]. АВП – это известный показатель визуального качества. Yoon и Williams [5] сообщили, что когда глазная абберация увеличивается во время развития, могут возникать визуальные симптомы, такие как блики, гало-эффект и искажения, а коррекция АВП с помощью адаптивной оптики улучшает контрастную чувствительность и остроту зрения. Другое исследование показало, что коррекция АВП значительно улучшила остроту зрения. Коррекция АВП с использованием адаптивной оптики может привести к субъективно очевидным улучшениям остроты зрения [6]. Следовательно, АВП могут повлиять на результаты лечения амблиопии. Тем не менее, мало что известно о связи между АВП и лечением амблиопии.

Prakash с соавт. [7] сообщают, что подмножество «идиопатической» амблиопии может быть связано с потерей симметрии в паттернах волнового фронта двух глаз, и предполагают, что межочулярные разности в АВП объясняют снижение остроты зрения в случаях идиопатической амблиопии. Таким образом, АВП могут повлиять на результаты лечения амблиопии. Согласно исследованию [8], АВП следует рассматривать как причину неудачного лечения амблиопии. АВП, особенно сферическая абберация, были статистически более распространенными в группе неудачного лечения амблиопии, по сравнению с остальными участниками группы. Мы провели это исследование, чтобы выяснить роль АВП в лечении гиперметропической амблиопии.

Levy с соавт. [9] заявили, что основным фактором риска развития амблиопии являются абберации низкого порядка, такие как дефокус и астигматизм.

Тем не менее, в других исследованиях сообщается о необходимости учета АВП при этих рефракционных нарушениях [10, 11].

Поэтому в этом исследовании мы сравнили различия в показателях успешности лечения амблиопии при астигматизме и исследовали взаимосвязь между астигматизмом и АВП с использованием абберометра VISX WaveScan Wavefront System у детей с амблиопией на фоне гиперметропической рефракции.

Цель исследования

Изучить динамику изменений значений аббераций высших порядков при лечении амблиопии и провести корреляцию между абберациями высших порядков и астигматизмом у пациентов с амблиопией на фоне гиперметропической рефракции.

Материалы и методы

В когортное проспективное исследование были включены 36 пациентов с амблиопией на фоне гиперметропической рефракции. Средний возраст при первоначальном посещении составлял $11,3 \pm 4,2$ (от 4 до 16) лет (табл. 1). У всех пациентов было состояние анизометропии: эметропия на одном глазу и гиперметропический астигматизм в сочетании с рефракционной амблиопией разной степени на другом. Пациенты, страдающие косоглазием с углом призмы более 5,0 призматических дптр, аномалиями в переднем сегменте глаза или глазного дна, с наличием в анамнезе других глазных болезней, травмы глаза, хирургии глаза, использующие контактные линзы, были исключены из этого исследования. В зависимости от степени астигматизма участники были разделены на две группы: с высоким и низким уровнем астигматизма. Пациенты с астигматизмом 1,5 дптр и более были отнесены к группе с высоким астигматизмом, а пациенты с астигматизмом менее 1,5 дптр были отнесены к группе с низким астигматизмом. Исследуемые группы были сопоставимы между собой по полу, возрасту и степени амблиопии. Очки по рецепту были сделаны в соответствии со значениями измерения циклоплегической рефракции и измерениями максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ). Всем пациентам проводили комплексное лечение, включающее кроме постоянного ношения очков 20 полчасовых сеансов видеокомпьютерного аутотренинга на приборе «Амблиотрон» в течение 20 дней. Технология, реализуемая при-

бором «Амблиотрон», называется Когнитивной модуляцией остроты зрения (Visual Acuity Cognitive Modulation, VIACOM), или, как её часто называют, видеокомпьютерный аутотренинг. В её основу положена условно-рефлекторная biofeedback1-процедура, позволяющая воздействовать на процессы, протекающие в зрительном анализаторе мозга. Срок наблюдения результатов лечения исследуемых пациентов составил 12 месяцев. На основании мониторинга МКОЗ после 12 месяцев наблюдения были определены результаты лечения амблиопии. Успешное лечение амблиопии было определено как МКОЗ более 0,6 у пациентов младше 7 лет и более 0,8 у пациентов старше 7 лет.

АВП измеряли у всех пациентов с использованием аберрометра VISX WaveScan Wavefront System после первого посещения и через 3, 6 и 12 месяцев наблюдения. АВП были проанализированы с использованием значений RMS. Суммарные данные АВП, трилистника (эллиптической комы), комы и сферической аберрации были получены при исследовании со зрачком диаметром 6,0 мм.

Результаты

В настоящем исследовании участвовали 36 пациентов с амблиопией на фоне гиперметропической рефракции. Астигматизм более 1,5 дптр был выявлен у 20 пациентов (55,5%) и астигматизм менее 1,5 дптр – у 16 (44,5%).

Средние данные АВП у исследуемых пациентов показаны в табл. 1. Общие показатели АВП, комы, трилистника и сферической аберрации составили $0,46 \pm 0,13$; $0,28 \pm 0,13$; $0,18 \pm 0,37$ и $0,25 \pm 0,33$ микрон соответственно. При первом посещении не было статистически значимых различий между

ORIGINAL ARTICLES

двумя группами по возрасту, МКОЗ, сферозквиваленту, АВП и их разновидностям ($p > 0,05$).

При сравнении значений АВП в исследуемых группах кома была значительно выше в группе с высоким астигматизмом через 12 месяцев после назначенного лечения. Общие АВП, трейфойл, кома, а также сферическая аберрация продемонстрировали статистически значимое снижение в группах в соответствии с последующими данными (табл. 2). Не было никаких существенных различий по этим показателям между двумя группами ($p > 0,05$).

Лечение амблиопии было успешным у 11 пациентов в группе с высоким астигматизмом (55%) и у 13 пациентов в группе с более низким астигматизмом (81%) после 12 месяцев наблюдения (рис. 1). Между группами с высоким и низким уровнем астигматизма имелось статистически значимое различие в степени успеха (точный критерий Фишера, $p = 0,023$).

На основании данных корреляционного теста Пирсона кома при контрольном наблюдении через 12 месяцев показала статистически значимую корреляцию с астигматизмом в обеих группах (табл. 3).

Обсуждение

В исследованиях некоторых авторов [8] АВП считались причиной неудачного лечения амблиопии. Был сделан вывод, что глазные и особенно внутренние сферические аберрации статистически выше у детей с неудачно леченной амблиопией. Этот факт свидетельствует о том, что в амблиопичных глазах с гиперметропической рефракцией АВП являются результатом более высокой сферической аберра-

Таблица 1. Исходные характеристики исследуемых пациентов

Table 1. Initial characteristics of the studied patients

	Астигматизм более 1,5 дптр Astigmatism more than 1.5 D (n = 20)	Астигматизм менее 1,5 дптр Astigmatism less than 1.5 D (n = 16)	Уровень значимости Significance level p
Возраст, лет Age, years	10,4 ± 3,9	12,5 ± 4,8	0,73
МКОЗ/BCVA*	0,37 ± 0,3	0,42 ± 0,4	0,92
Сферозквивалент, дптр Spherical equivalent, D	2,83 ± 0,21	4,84 ± 1,13	0,90
Астигматизм, дптр Astigmatism, D	2,34 ± 0,76	1,05 ± 0,09	0,10
Общие АВП, мкм Total HOA, micron	0,50 ± 0,03	0,44 ± 0,03	0,14
Трефойл, мкм Trefoil, micron	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,14
Кома, мкм Coma, micron	0,24 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,58
Сферическая аберрация, мкм Spherical aberration, micron	0,12 ± 0,02	0,10 ± 0,10	0,37

Примечание: * – МКОЗ – максимально скорректированная острота зрения.

Note: * – BCVA – best corrected visual acuity.

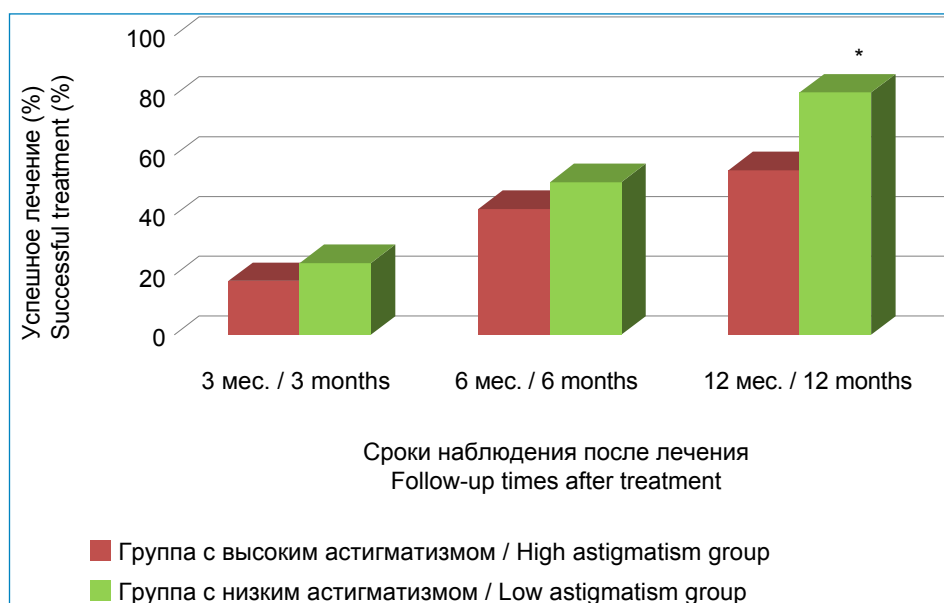


Рис. 1. Динамика успешности лечения пациентов в исследуемых группах

Примечание: * – статистически значимая разница в успешном лечении между группами ($p = 0,023$).

Fig. 1. Dynamics of treatment success in patients of the study groups

Note: * – statistically significant difference in treatment success between groups ($p = 0,023$).

Таблица 2. Динамика изменений значений аберраций высших порядков в исследуемых группах (мкм)

Table 2. Dynamics of changes in the values of higher-order aberrations in the studied groups (micron)

Виды АВП / Types of HOA	Астигматизм более 1,5 дптр Astigmatism more than 1.5 D (n = 20)		Астигматизм менее 1,5 дптр Astigmatism less than 1.5 D (n = 16)	
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	До лечения Before treatment	После лечения After treatment
Общие АВП / Total HOA	0,51 ± 0,02	0,32 ± 0,02***	0,44 ± 0,03	0,30 ± 0,03**
Трефойл Trefoil	0,14 ± 0,02	0,09 ± 0,01*	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01*
Кома Coma	0,24 ± 0,02	0,15 ± 0,02*	0,22 ± 0,03	0,15 ± 0,02*
Сферическая аберрация Spherical aberration	0,12 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,08 ± 0,01

Примечание:

* – уровень значимости в сравнении до и после лечения ($p \leq 0,05$);

** – уровень значимости в сравнении до и после лечения, ($p \leq 0,01$);

*** – уровень значимости в сравнении до и после лечения, ($p \leq 0,001$).

Note:

* – significance level in comparison before and after treatment ($p \leq 0.05$);

** – significance level in comparison before and after treatment ($p \leq 0.01$);

*** – significance level in comparison before and after treatment ($p \leq 0.001$).

Таблица 3. Через 12 месяцев после начала лечения

Table 3. 12 months after starting treatment

Виды АВП Types of HOA	Астигматизм более 1,5 дптр Astigmatism more than 1.5 D (n = 20)	Уровень значимости Significance level p	Астигматизм менее 1,5 дптр Astigmatism less than 1.5 D (n = 16)	Уровень значимости Significance level p
Трефойл Trefoil	0,246	0,297	0,148	0,584
Кома Coma	0,777	0,0007	0,746	0,001
Сферическая аберрация Spherical aberration	0,159	0,504	0,377	0,151

ции, которая характерна для пациентов, перенесших неудачное лечение амблиопии.

Однако были получены противоречивые результаты относительно корреляции между амблиопией и АВП. Dominguez-Vicent с соавт. [10] доказали, что одни только АВП не играют главную роль в ухудшении визуальных характеристик идиопатических амблиопичных глаз. Используя адаптивный оптический визуальный симулятор, авторы напрямую сравнивали визуальные характеристики, достигнутые при разных состояниях глаз у одних и тех же пациентов. Однако в их исследованиях участвовало небольшое количество выборки взрослых пациентов. В случае нормальных глаз Levy с соавт. [9] не обнаружили корреляции между абберацией волнового фронта и ошибкой преломления, а также существенных различий между пациентами с нарушениями зрения и миопией. Авторы пришли к выводу, что основным фактором риска развития амблиопии были абберации более низкого порядка, такие как дефокусировка и астигматизм. Тем не менее, они включали взрослых пациентов с некорректированными значениями остроты зрения выше, чем 20/15. Таким образом, они недооценили влияние АВП на качество зрения у детей с амблиопией. В другом исследовании оценили влияние АВП на качество зрения и сообщили, что абберации низших порядков составляли приблизительно 90% качества изображения на сетчатке, а оставшиеся 10% могли быть отнесены к АВП [11]. Эти авторы пришли к выводу, что абберации низших порядков являются основными факторами, определяющими качество изображения на сетчатке, хотя АВП также необходимо учитывать. Zhao с соавт. [11] предположили, что кома влияет на развитие зрения у детей с амблиопией. Однако были сделаны противоречивые выводы относительно корреляции между абберациями высших и низших порядков. Некоторые исследования показали отсутствие корреляции среднеквадратического значения с ошибкой рефракции при широком диапазоне ошибок рефракции [8, 12]. В нормальных глазах корреляция между абберациями волнового фронта и ошибкой рефракции не обнаружена [13]. Тем не менее, Rossi с соавт. [13] пишут, что даже в случаях эметропии и миопии с низкой степенью выраженности АВП получается положительный эффект от их коррекции. АВП и их связь с рефракционной ошибкой у детей с гиперметропической изометропной амблиопией еще предстоит изучить. Ziyilan с соавт. [12] пришли к выводу, что гиперметропия обладает большим потенциалом вызывать амблиопию. В нашем исследовании была показана значительная корреляция между астигматизмом и АВП, особенно в случае с комой. В случае миопических глаз Karimian с соавт. [14] подтверждают, что астигматизм и кома имеют статистически значимую корреляцию.

АВП зависят от многих факторов и увеличиваются с возрастом [15, 16]. Однако Fujikado с соавт. [17] доказали, что АВП роговицы достоверно не коррелируют с возрастом. Кроме того, Brunette с соавт. [18] заявили, что глазные абберации постепен-

но снижаются до ранней взрослой жизни, достигая минимального уровня в четвертом десятилетии жизни, а затем постепенно увеличиваются с возрастом. Высокий уровень АВП роговицы в детстве может повлиять на остроту зрения во время развития зрения [19]. Авторы пришли к выводу, что в детстве одновременное уменьшение толщины и уплощение хрусталика, осевое удлинение глаза и изменение профиля роговицы ориентированы на эметропизацию глаза и влияют на АВП. В нашем исследовании группы с низким и высоким астигматизмом показали снижение уровня АВП во время лечения амблиопии. Статистически значимой корреляции между возрастом и типом АВП обнаружено не было. Кроме того, поскольку настоящее исследование проводилось в течение относительно короткого периода, мы не могли четко определить причину уменьшения АВП во время лечения амблиопии. Таким образом, крупномасштабное исследование с более длительным периодом наблюдения поможет объяснить корреляцию между возрастом и АВП.

Kwan с соавт. [20] сообщили, что кома и сферическая абберация являются наиболее распространенными компонентами АВП у здоровых людей. Wei с соавт. [21] показали, что среди АВП абберации третьего порядка составляли самые высокие значения у населения Китая. В этих исследованиях случаи комы третьего порядка составляли наибольший процент АВП. В нашем исследовании кома также имела наибольшее значение среди АВП, за которым следовали сферическая абберация и трейлоид.

Plech с соавт. [22] утверждают, что у детей с изометропной амблиопией процент астигматизма был выше, чем у детей с анизометропической амблиопией. Амблиопия была определена как МКОЗ 0,8 или менее, а анизометропия была определена как разница в сферичности 3,0 дптр или более, или разница в астигматизме 2,0 дптр или более. Мы определили гиперметропическую изометропную амблиопию как двустороннюю гиперметропию, представляющую разницу в сферозэквиваленте 1,0 дптр или менее между глазами и МКОЗ 0,6 или менее, когда пациент был моложе 7 лет, и 0,8 или менее, когда пациент был в возрасте 7 лет и старше. Не существует стандартного определения значительного уровня астигматизма. В настоящее время руководящие принципы Комитета скрининга зрения Американской ассоциации детских офтальмологов и страбизмологов рекомендуют для детей старше 49 месяцев астигматизм 1,50 дптр считать границей для групп высокого и низкого порядка. Поэтому мы использовали 1,50 дптр астигматизм как границу для дифференциации групп высокого и низкого астигматизма.

В этом исследовании кома показала статистически значимую корреляцию с астигматизмом. Был выявлен высокий уровень комы в группе с высоким астигматизмом, и это коррелировало с астигматизмом в корреляционном тесте Пирсона. Полученные результаты соответствуют недавнему отчету Prakash с соавт. [7], демонстрируя, что АВП, особенно абберации третьего порядка, могут быть причиной

идиопатической амблиопии. Они показали, что различия между двумя глазами в случаях идиопатической амблиопии могли существовать с раннего детства. Это могло бы привести к нарушению бифовеального рисунка, приводящее к амблиопии, связанной с АВП, и это особенно важно для аберраций третьего порядка, которые включают в себя кому и трейлоу.

Zhao с соавт. [11] предположили, что такие АВП, как трейлоу и кома, связаны со снижением остроты зрения при амблиопии. В амблиопической группе отмечали большее количество АВП в коме по сравнению с эметропической группой. Авторы пришли к выводу, что этот тип АВП влияет на качество зрения. Эти результаты частично соответствуют нашим наблюдениям, например, кома была соотносена с астигматизмом.

Основным ограничением нашего исследования было отсутствие группы сравнения с детьми, которые не проходили лечение амблиопии. Работа проводилась на основе проспективного дизайна, поэтому для выяснения взаимосвязи между АВП

и амблиопией были бы полезны дальнейшие исследования с крупномасштабным долгосрочным наблюдением. Для выяснения четкого механизма корреляции между комой и астигматизмом необходимо дальнейшее изучение.

Заключение

Показатели комы в группе пациентов с высоким астигматизмом были значительно выше по сравнению с группой с низким астигматизмом. Кома имела высокую корреляционную связь со степенью астигматизма. Частота успеха лечения амблиопии была значительно выше в группе с низким астигматизмом.

Эти данные свидетельствуют о том, что у пациентов с рефракционной амблиопией на фоне астигматизма снижение остроты зрения находится в прямой зависимости от значений АВП, особенно от значений комы, которую следует рассматривать как причину развития амблиопии.

Литература / References:

1. von Noorden G.K., Campos E.C., editors. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 6th ed. St. Louis. Mosby. 2002;246–251.
2. Flom M.C., Bedell H.E. Identifying amblyopia using associated conditions, acuity, and nonacuity features. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 1985;62:153–160.
3. Pediatric Eye Disease Investigator Group. The clinical profile of moderate amblyopia in children younger than 7 years. Arch. Ophthalmol. 2002;120:281–287.
4. Woodruff G., Hiscox F., Thompson J.R., Smith L.K. Factors affecting the outcome of children treated for amblyopia. Eye (Lond). 1994;8(Pt 6):627–631.
5. 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.
6. Williams D., Yoon G.Y., Porter J. et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. J. Refract. Surg. 2000;16:554–559.
7. Prakash G., Sharma N., Saxena R. et al. Comparison of higher order aberration profiles between normal and amblyopic eyes in children with idiopathic amblyopia. Acta Ophthalmol. 2011;89:257–262.
8. Lee S.H., Chang J.W. The relationship between higher-order aberrations and amblyopia treatment in hyperopic anisometropic amblyopia. Korean J. Ophthalmol. 2014;28:66–75.
9. Levy Y., Segal O., Avni I., Zadok D. Ocular higher-order aberrations in eyes with supernormal vision. Am. J. Ophthalmol. 2005;139:225–228.
10. Dominguez-Vicent A., Perez-Vives C., Ferrer-Blasco T. et al. The effect of simulated normal and amblyopic higher-order aberrations on visual performance. J. AAPOS. 2013;17:269–275.

Информация об авторе

Муханов Шавкат Абдувалиевич – врач-офтальмолог клиники «СИНАТ КО'З» («СИНАТ КУЗ»), shavkat355@yandex.ru

11. Zhao P.F., Zhou Y.H., Wang N.L., Zhang J. Study of the wave-front aberrations in children with amblyopia. Chin. Med. J. (Engl). 2010;123:1431–1435.
12. Ziylan S., Yabas O., Zorlutuna N., Serin D. Isoametropic amblyopia in highly hyperopic children. Acta Ophthalmol. Scand. 2007;85:111–113.
13. Rossi E.A., Weiser P., Tarrant J., Roorda A. Visual performance in emmetropia and low myopia after correction of high-order aberrations. J. Vis. 2007;7:14.
14. Karimian F., Feizi S., Doozande A. Higher-order aberrations in myopic eyes. J. Ophthalmic Vis. Res. 2010;5:3–9.
15. Oshika T., Klyce S.D., Applegate R.A., Howland H.C. Changes in corneal wavefront aberrations with aging. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1999;40:1351–1355.
16. Wang L., Dai E., Koch D.D., Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. J. Cataract. Refract. Surg. 2003;29:1514–1521.
17. Fujikado T., Kuroda T., Ninomiya S. et al. Age-related changes in ocular and corneal aberrations. Am. J. Ophthalmol. 2004;138:143–146.
18. Brunette I., Bueno J.M., Parent M. et al. Monochromatic aberrations as a function of age, from childhood to advanced age. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2003;44:5438–5446.
19. Wu C., Hunter D.G. Amblyopia: diagnostic and therapeutic options. Am. J. Ophthalmol. 2006;141:175–184.
20. Kwan W.C., Yip S.P., Yap M.K. Monochromatic aberrations of the human eye and myopia. Clin. Exp. Optom. 2009;92:304–312.
21. Wei R.H., Lim L., Chan W.K., Tan D.T. Higher order ocular aberrations in eyes with myopia in a Chinese population. J. Refract. Surg. 2006;22:695–702.
22. Plech A.R., Pinero D.P., Laria C. et al. Corneal higher-order aberrations in amblyopia. Eur. J. Ophthalmol. 2010;20:12–20.

Information about the author

Shavkat Abduvalievich Mukhanov – ophthalmologist of «SIHAT KO'Z» clinic, shavkat355@yandex.ru