

DOI: <https://doi.org/10.17816/rpo2021-16-1-13-22>

Корреляционный анализ некоторых функциональных и анатомических параметров зрительного анализатора при нистагме и амблиопии различного генеза

© Р.Р. Хубиева, Е.П. Тарутта, А.В. Апаев, Г.А. Маркосян

НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца, Москва, Российская Федерация

Цель: Провести корреляционный анализ параметров зрительной фиксации, светочувствительности сетчатки в центральной области, толщины центральной области сетчатки и хориоидеи с максимально скорректированной остротой зрения (МКОЗ), рефракцией (R) и аксиальной длиной глаза (ПЗО) при нистагме и амблиопии различного генеза.

Материал и методы. В исследование были включены 45 пациентов в возрасте от 5 до 44 лет (в среднем $11,2 \pm 6,14$ года). Все пациенты были разделены на 6 групп в зависимости от вида амблиопии и сопутствующих состояний (при нистагме). Исследовали светочувствительность сетчатки и параметры фиксации на микропериметре МР-3 Nidek (Япония). Хориоретинальные параметры исследовали на спектральном оптическом когерентном томографе RS-3000 Advance 2 (Nidek, Япония). Аксиальную длину глаза измеряли при помощи Шаймпфлюг-анализатора Galilei G6. Корреляционный анализ проводили с использованием линейного коэффициента корреляции Пирсона (r).

Результаты. При нистагме, рефракционной и дисбинокулярной амблиопии выявлена сильная прямая корреляция между показателями МКОЗ и характеристиками фиксации. В группах, ассоциированных с врожденной близорукостью, выявлена взаимосвязь между МКОЗ, толщиной и светочувствительностью сетчатки в центральной области. Связь субфовеальной толщины хориоидеи с функциональными параметрами глаз отсутствовала.

Выводы. При нистагме и амблиопии, ассоциированной с косоглазием и гиперметропической рефракцией, первичным амблиогенным фактором является снижение плотности и амплитуды фиксации. При относительной амблиопии вследствие врожденной миопии снижение остроты зрения коррелирует со светочувствительностью сетчатки и не коррелирует с параметрами фиксации, что указывает на частично органическую природу относительной амблиопии. Не выявлено взаимосвязи толщины сосудистой оболочки со степенью амблиопии, что не подтверждает её участия в патогенезе заболевания.

Ключевые слова: нистагм; амблиопия; микропериметрия; оптическая когерентная томография; фиксация; рефракция; аксиальная длина глаза.

Как цитировать:

Хубиева Р.Р., Тарутта Е.П., Апаев А.В., Маркосян Г.А. Корреляционный анализ некоторых функциональных и анатомических параметров зрительного анализатора при нистагме и амблиопии различного генеза // *Российская педиатрическая офтальмология*. 2021. Т. 16, № 1. С. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.17816/rpo2021-16-1-13-22>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rpo2021-16-1-13-22>

Correlation analysis of some functional and anatomical parameters of the visual analyzer in nystagmus and amblyopia of various origins

© Regina R. Khubieva, Elena P. Tarutta, Aleksander V. Apaev, Gajane A. Markosyan

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation

AIM: To conduct a correlation analysis of the parameters of visual fixation, light sensitivity of the retina in the central region, and the thickness of the central region of the retina and choroid with the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER), and axial length of the eye (AL) in nystagmus and amblyopia of various origins.

MATERIAL AND METHODS: The study included 45 patients aged 5–44 years (mean 11.2 ± 6.14 years). All patients were divided into six groups depending on the type of amblyopia and associated conditions (with nystagmus). The retinal photosensitivity and fixation parameters were studied using an MP-3 Nidek microperimeter (Japan). Chorioretinal parameters were studied using an RS-3000 Advance 2 spectral optical coherence tomograph (Nidek, Japan). The axial length of the eye was measured using a Galilei G6 Scheimpflug analyzer. Correlation analysis was performed using the linear Pearson correlation coefficient (r).

RESULTS: In nystagmus, refractive and dysbinocular amblyopia, a strong direct correlation was found between the indicators of BCVA and the characteristics of fixation. In the groups associated with congenital myopia, relationships were found between BCVA, retinal thickness, and light sensitivity of the retina in the central region. There was no relationship between the subfoveal choroidal thickness and functional parameters of the eyes.

CONCLUSIONS: In nystagmus and amblyopia associated with strabismus and hyperopic refraction, the primary amblyogenic factor is a decrease in the density and amplitude of fixation. In relative amblyopia due to congenital myopia, the decrease in visual acuity correlates with the photosensitivity of the retina and does not correlate with fixation parameters, which indicates the partially organic nature of relative amblyopia. No relationship was found between the choroidae thickness and the degree of amblyopia, which does not confine its participation in the pathogenesis of the disease.

Keywords: nystagmus; amblyopia; microperimetry; optical coherence tomography; fixation; refraction; axial length of the eye.

To cite this article

Khubieva RR, Tarutta EP, Apaev AV, Markosyan GA. Correlation analysis of some functional and anatomical parameters of the visual analyzer in nystagmus and amblyopia of various origins. *Russian pediatric ophthalmology*. 2021;16(1):13–22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/rpo2021-16-1-13-22>

Несмотря на современную диагностику и создание новых направлений в лечении, амблиопия и врождённый нистагм являются до сих пор объектом дискуссий в современной офтальмологии. Данный факт связан с тем, что в России на аметропии и косоглазие приходится до 90% всех случаев ухудшения зрения в детском возрасте, в то время как амблиопия, по данным мировой статистики, встречается примерно у 2–5% населения [1, 2]. Врождённый оптический нистагм диагностируется в разных регионах России в 20–40% случаев среди слабовидящих детей, а в развитых странах нистагм встречается у 6–10% слепых и слабовидящих детей [3]. Интерес зарубежных и отечественных офтальмологов к данным патологиям объясняется не только большой распространённостью, но и постоянным их увеличением, несмотря на все проводимые лечебно-профилактические мероприятия.

Определение понятия «амблиопия» менялось в зависимости от уровня знаний об этиопатогенезе заболевания. На основании многочисленных нейрофизиологических и клинических исследований электрофизиологи установили, что развитие амблиопии связано со сложными процессами нарушения межнейрональных взаимодействий на различных уровнях зрительной системы — от сенсорной сетчатки до наружных колленчатых тел и центральных отделов в затылочной доле коры головного мозга [4]. Оптический нистагм ассоциирован со сложными патогенетическими механизмами, включающими сенсорную депривацию, нарушенный нормальный глазодвигательный механизм фиксации, дефект в эфферентных системах [5]. Несмотря на имеющиеся знания о функционировании зрительной системы при нистагме и амблиопии, остаётся много дискуссионных вопросов о механизмах формирования этих патологий и заинтересованности структур заднего полюса глаза в их патогенезе.

В настоящее время современная диагностика направлена в сторону малоинвазивных, быстрых и, главное, безопасных приборов, позволяющих всесторонне изучить зрительный анализатор у пациентов детского возраста. Структурные особенности, функциональная организация центрального зрения, а также их взаимосвязь с основными критериями полноценности зрения у детей являются крайне важными в наше время.

Цель. Изучение взаимосвязи параметров зрительной фиксации, светочувствительности сетчатки в макулярной области, толщины центральной области сетчатки и хориоидеи с максимально скорректированной остротой зрения (МКОЗ), рефракцией (R) и передне-задней длиной глаза (ПЗО) при нистагме и амблиопии различного генеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 46 пациентов в возрасте от 5 до 44 лет (в среднем $11,2 \pm 6,14$ года). Все пациенты были разделены на 6 групп. Первая группа — пациенты

с относительной амблиопией при врождённой миопии (23 глаза) с максимальной скорректированной остротой зрения (МКОЗ) в среднем $0,41 \pm 0,27$, рефракцией (R) — $-11,1 \pm 3,2$ дптр, передне-задней длиной глаза (ПЗО) $27,4 \pm 1,05$ мм. Вторая группа — пациенты с дисбинокулярной амблиопией (12 глаз) с МКОЗ $0,54 \pm 0,15$, R $1,75 \pm 1,14$ дптр, ПЗО $22,6 \pm 0,91$ мм. Третья группа — пациенты с рефракционной амблиопией (14 глаз) с МКОЗ $0,42 \pm 0,2$, R $3,77 \pm 3,01$ дптр, ПЗО $22,6 \pm 1,19$ мм. Четвёртая группа — пациенты с нистагмом и врождённой миопией (14 глаз) с МКОЗ $0,4 \pm 0,16$, R — $12,3 \pm 3,2$ дптр, ПЗО $26,9 \pm 0,51$ мм. Пятая группа — пациенты с нистагмом без сопутствующей офтальмологической патологии (12 глаз) с МКОЗ $0,36 \pm 0,2$, R — $0,29 \pm 1,4$ дптр, ПЗО $24,07 \pm 0,71$ мм. Шестая группа — пациенты с нистагмом и косоглазием (12 глаз) с МКОЗ $0,4 \pm 0,2$, R $3,2 \pm 2,53$ дптр, ПЗО $22,6 \pm 0,75$ мм.

Кроме стандартных методов обследования всем пациентам проводили исследование светочувствительности сетчатки в макулярной области и параметров фиксации на микропериметре MP-3 Nidek (Япония). Светочувствительность сетчатки определялась в центре фовеа и в 16 точках по окружности на расстоянии двух и четырех градусов от него; использовали стимул Goldmann III длительностью 200 мс; 4–2 (fast) пороговая стратегия. Динамический диапазон стимула был установлен на уровне 34 дБ, а в качестве мишени для фиксации использовали один красный крест размером 2° . Также определяли минимальную и максимальную светочувствительность в данной области. Параметры фиксации оценивали путём измерения площади эллипсов, которые охватывают 68%, 95% и 99% точек фиксации (площадь эллипса двумерного контура [BCEA]). Плотность фиксации оценивали в областях 2° и 4° . Толщину сетчатки и хориоидеи определяли на спектральном оптическом когерентном томографе RS-3000 Advance 2 (Nidek, Япония) в программе «MACULA LINE», мануальном режиме в фовеальной и парафовеальной носовой и височной областях (в 1,5 мм от центрального измерения, соответственно). Аксиальную длину глаза измеряли при помощи Шаймпфлюг-анализатора Galilei G6. Для анализа связи МКОЗ, рефракции и ПЗО с данными светочувствительности сетчатки, характеристик фиксации и параметров фовеальной толщины сетчатки и субфовеальной толщины сосудистой оболочки использовали корреляционный анализ — линейный коэффициент корреляции Пирсона ($r = (+/-) 0-0,3$ — слабая корреляционная связь; $r = (+/-) 0,3-0,6$ — умеренная корреляционная связь; $r = (+/-) 0,6-1,0$ — сильная корреляционная связь).

Уровень достоверности различий определяли по стандартному t-критерию Стьюдента. Статистическая обработка данных выполнена на персональном компьютере с использованием приложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа Biostatistics 6.0 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Корреляционный анализ данных МКОЗ, сферозэквивалента рефракции и ПЗО с показателями светочувствительности сетчатки в центральной области, характеристиками фиксации, толщиной сетчатки в фовеальной области и субфовеальной толщиной хориоидеи у пациентов с амблиопией различного генеза показал следующее (табл. 1). В группе с относительной амблиопией вследствие врожденной миопии выявлена значимая корреляционная взаимосвязь МКОЗ и сферозэквивалента рефракции с показателями светочувствительности сетчатки, наиболее выраженная с фовеальной областью ($r=0,67$, $r=0,66$). Взаимосвязи данных параметров с плотностью фиксации в 2° и 4° , а также показателями эллипсов выявлено не было. Корреляция между МКОЗ и толщиной сетчатки в фовеа (ТФ) была умеренная ($r=-0,37$), с субфовеальной толщиной хориоидеи (СТХ) — отсутствовала ($r=-0,15$).

Взаимосвязь рефракции и ТФ, а также СТХ отсутствовала. Связь ПЗО с данными светочувствительности сетчатки и характеристиками фиксации была слабой. Обнаружена умеренная обратная корреляция между параметрами ПЗО и СТХ ($r=-0,36$), взаимосвязь ТФ с ПЗО отсутствовала ($r=-0,13$).

В группе с дисбинокулярной амблиопией отмечена противоположная тенденция. Показана значимая корреляционная связь показателей МКОЗ и параметров плотности фиксации в 2° ($r=0,67$), а также сильная обратная корреляция с параметрами эллипсов ($r=-0,57$) (табл. 2). Следует отметить, что площадь эллипса является показателем, обратным по отношению к плотности фиксации: чем меньше плотность, тем больше площадь

эллипса. Взаимосвязи между остротой зрения и светочувствительностью сетчатки в фовеальной и макулярной областях выявлено не было. Связь между МКОЗ и ТФ, а также с СТХ отсутствовала ($r=-0,13$; $r=-0,07$). При дисбинокулярной амблиопии выявлена умеренная связь между показателями R и эллипсами, охватывающими 68%, 95% и 99% точек фиксации ($r=0,38$; $r=0,39$). Данная корреляция, возможно, связана с гиперметропической рефракцией, так как последняя, в свою очередь, ассоциируется с увеличением амплитуды и уменьшением плотности фиксации, что было показано рядом зарубежных и отечественных авторов [6,7]. Значимой взаимосвязи показателей рефракции с ТФ, а также с СТХ показано не было ($r=0,26$; $r=0,23$). Не выявлено корреляции между ПЗО, светочувствительностью сетчатки и характеристиками фиксации. Обнаружена умеренная корреляционная связь ПЗО и СТХ ($r=-0,37$).

При анализе связи МКОЗ, рефракции и ПЗО с функциональными и структурными особенностями зрительного анализатора при рефракционной амблиопии получены следующие результаты (табл. 3). Была продемонстрирована сильная прямая корреляционная связь между показателями МКОЗ и параметрами плотности фиксации ($r=0,62$; $r=0,63$), а также сильная обратная корреляция с площадью эллипсов ($r=-0,56$; $r=-0,60$). Взаимосвязи остроты зрения и показателей светочувствительности сетчатки в фовеальной области, кольцах 2° и 4° показано не было. Выявлена обратная корреляция между МКОЗ и ТФ ($r=-0,72$) и слабая с СТХ ($r=-0,29$). Значимых корреляционных связей R и ПЗО со светочувствительностью сетчатки в центральной области, а также характеристиками фиксации не показано. Выявлена умеренная обратная

Таблица 1. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 1

Table 1. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 1

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% ($^\circ$)	Ellipse 95% ($^\circ$)	Ellipse 99% ($^\circ$)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (μ m)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (μ m)
МКОЗ BCVA	0,67	0,49	0,59	0,21	0,16	-0,14	-0,15	-0,13	-0,37	-0,15
СЭ (SER)	0,66	0,44	0,11	-0,25	-0,15	0,23	0,11	0,06	0,05	-0,07
ПЗО (AL)	-0,07	-0,22	0,22	0,29	0,29	-0,21	-0,22	-0,22	-0,13	-0,36

Таблица 2. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 2

Table 2. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 2

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% (°²)	Ellipse 95% (°²)	Ellipse 99% (°²)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (µm)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (µm)
МКОЗ BCVA	-0,23	-0,27	-0,17	0,67	0,27	-0,57	-0,57	-0,57	-0,23	-0,07
СЭ (SER)	-0,13	-0,33	-0,38	-0,17	-0,14	0,38	0,39	0,39	0,26	0,23
ПЗО (AL)	0,06	0,23	0,16	0,13	0,02	-0,04	-0,03	-0,03	0,06	-0,37

Таблица 3. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 3

Table 3. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 3

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% (°²)	Ellipse 95% (°²)	Ellipse 99% (°²)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (µm)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (µm)
МКОЗ BCVA	0,22	0,08	-0,04	0,62	0,63	-0,56	-0,60	-0,56	-0,72	-0,29
СЭ (SER)	0,04	0,10	0,08	-0,26	-0,27	0,21	0,40	0,21	-0,07	0,29
ПЗО (AL)	-0,10	-0,19	-0,13	0,15	0,22	-0,13	-0,38	-0,12	0,04	-0,31

корреляция между ПЗО и СТХ ($r=-0,31$), с МКОЗ связь отсутствовала ($r=0,04$).

В группах с нистагмом корреляционный анализ показал следующее. При сочетании нистагма и врожденной миопии выявлена умеренная корреляционная связь МКОЗ с фовеальной светочувствительностью и параметрами фиксации (табл. 4). Также показана обратная корреляция между МКОЗ и толщиной сетчатки в фовеа ($r=-0,42$), связь с СТХ была слабее ($r=0,33$). Показатели R продемонстрировали сильную корреляционную связь с данными

светочувствительности центральной области сетчатки ($r=0,49$; $r=0,74$; $r=0,53$). Значимых связей между рефракцией, характеристиками фиксации и структурными особенностями сетчатки и хориоидеи выявлено не было. Обнаружена высокая обратная корреляционная взаимосвязь ПЗО с показателями светочувствительности сетчатки в фовеа и в кольцах 2° и 4° ($r=-0,54$; $r=-0,82$; $r=-0,64$). Взаимосвязь между аксиальной длиной глаза и характеристиками фиксации отсутствовала. Выявлена умеренная связь ПЗО и СТХ ($r=-0,34$), корреляция с ТФ была слабой ($r=0,16$).

Таблица 4. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 4

Table 4. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 4

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% (°²)	Ellipse 95% (°²)	Ellipse 99% (°²)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (µm)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (µm)
МКОЗ BCVA	0,35	0,29	0,15	0,35	0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,42	0,33
СЭ (SER)	0,49	0,74	0,53	-0,18	-0,09	0,10	0,03	0,03	-0,27	0,15
ПЗО (AL)	-0,54	-0,82	-0,64	-0,01	0,007	-0,07	0,028	0,02	0,16	-0,34

В группе с нистагмом без сопутствующих состояний была обнаружена умеренная корреляционная связь МКОЗ и параметров плотности фиксации и эллипсов, охватывающих 68%, 95% и 99% точек фиксации (табл. 5). Связь показателей МКОЗ и ТФ была умеренной ($r=-0,35$), с СТХ корреляции показано не было. Корреляции между рефракцией и данными светочувствительности центральной области сетчатки не выявлено. Показана умеренная взаимосвязь между R и параметрами фиксации ($r=-0,36$; $r=-0,44$; $r=0,24$), что, возможно, связано с преимущественно гиперметропической рефракцией в группе.

Была выявлена значимая корреляционная связь показателей рефракции с ТФ и СТХ ($r=0,49$; $r=0,60$).

Анализ взаимосвязей аксиальной длины глаза с функциональными и структурными характеристиками зрительного анализатора показал следующее. Не выявлено значимой взаимосвязи ПЗО и данных светочувствительности сетчатки в макулярной области. Была показана умеренная корреляционная связь ПЗО и параметров фиксации ($r=0,46$; $r=0,58$; $r=-0,33$). На наш взгляд, полученный результат может быть связан с тем, что в глазах с короткой ПЗО и высокой гиперметропией развивалась

Таблица 5. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 5

Table 5. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 5

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% (°²)	Ellipse 95% (°²)	Ellipse 99% (°²)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (µm)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (µm)
МКОЗ BCVA	0,21	0,14	0,14	0,32	0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,35	0,23
СЭ (SER)	0,15	0,09	-0,19	-0,36	-0,44	0,24	0,24	0,24	0,49	0,60
ПЗО (AL)	-0,21	-0,12	0,23	0,46	0,58	-0,33	-0,33	-0,33	0,30	-0,59

Таблица 6. Корреляционный анализ данных максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), сферозэквивалента рефракции (СЭ) и передне-задней оси глаза (ПЗО) с функциональными и анатомическими особенностями глаз в группе 6

Table 6. Correlation analysis of the data of the best corrected visual acuity (BCVA), refraction (SER) and anteroposterior axis of the eye (AL) with functional and anatomical features of the eyes in group 6

	Светочувствительность 0° дБ Sensitivity 0° (dB)	Светочувствительность 2° дБ Sensitivity 2° (dB)	Светочувствительность 4° дБ Sensitivity 4° (dB)	Фиксация 2° % Fixation 2° %	Фиксация 4° % Fixation 4° %	Ellipse 68% (°²)	Ellipse 95% (°²)	Ellipse 99% (°²)	Толщина фовеа (мкм) Fovea thickness (µm)	Субфовеальная толщина Хориоидеи (мкм) Subfoveal thickness choroid (µm)
МКОЗ BCVA	0,03	0,03	0,05	0,59	0,53	-0,51	-0,51	-0,51	-0,23	-0,07
СЭ (SER)	-0,51	-0,52	-0,50	0,45	0,48	-0,40	-0,40	-0,40	0,39	0,49
ПЗО (AL)	0,31	0,32	0,32	-0,29	-0,30	0,14	0,14	0,14	-0,33	-0,59

высокая амблиопия и, как следствие, более выраженное нарушение фиксации. Была показана сильная корреляция между ПЗО и СТХ ($r=-0,59$), выявленная взаимосвязь с МКОЗ была слабее ($r=0,30$).

В группе с нистагмом и косоглазием была выявлена значимая корреляционная связь показателей МКОЗ с параметрами плотности фиксации и эллипсов, охватывающих 68%, 95% и 99% точек. Корреляция с параметрами светочувствительности сетчатки отсутствовала (табл. 6). Также выявлена слабая взаимосвязь МКОЗ и ТФ, с СТХ корреляции не обнаружено ($r=-0,23$; $r=-0,07$). Показатели сферозэквивалента рефракции коррелировали с данными светочувствительности сетчатки в центральной области и параметрами плотности и амплитуды фиксации. Была показана умеренная взаимосвязь данных R и СТХ ($r=0,49$), связь с ТФ была слабее ($r=0,39$). Значимых корреляционных взаимосвязей между ПЗО и параметрами светочувствительности сетчатки в фовеа и кольцах на расстоянии 2° и 4°, а также характеристиками фиксации выявлено не было. Была обнаружена сильная обратная корреляция между ПЗО и СТХ ($r=-0,59$), связь с ТФ была слабее ($r=-0,33$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашей работы свидетельствуют о том, что при нистагме и амблиопии изменения зрительного анализатора связаны с функциональными и анатомическими показателями по-разному, в зависимости от генеза заболевания. При относительной амблиопии вследствие врождённой миопии выявлена взаимосвязь МКОЗ и рефракции с показателями светочувствительности сетчатки, характеристики фиксации не вносили свой вклад

в снижение остроты зрения. Умеренная корреляционная связь МКОЗ и толщины сетчатки в фовеальной области, возможно, говорит о заинтересованности заднего полюса и наличии органических изменений центральной области сетчатки при амблиопии данного генеза. Изменения профиля макулы при врождённой близорукости были отмечены рядом зарубежных и отечественных авторов [8, 9]. Исследователи связывают нарушение постнатальной дифференцировки макулярной области с длительной депривацией вследствие значительной расфокусировки зрительного образа, вызванной некорригированной высокой аметропией. Известны работы, сообщающие об обратимости процесса, т. е. об уменьшении толщины фовеальной области после проведённого плеоптического лечения и, как следствие, о повышении остроты зрения [10]. Данные результаты могут также свидетельствовать о том, что толщина центральной ямки сетчатки может являться функциональным параметром, влияющим на показатели МКОЗ.

При рефракционной и дисбинокулярной амблиопии выявлена противоположная тенденция. Снижение остроты зрения при данных видах амблиопии связано с нарушением механизма фиксации, а световоспринимающая функция сетчатки не оказывает влияние на показатели МКОЗ. Результаты последних исследований с использованием микропериметрии продемонстрировали, что при амблиопии, связанной с косоглазием, или же с гиперметропической анизометропической рефракцией, показатели плотности фиксации снижаются [11, 12]. Одни авторы связывают данные изменения со степенью девиации и аметропии, продолжительностью заболевания, однако, есть работы, опровергающие наличие данных функциональных нарушений [13].

В группе с дисбинокулярной амблиопией нами была отмечена слабая корреляционная связь параметров МКОЗ и толщины сетчатки в фовеа ($r=-0,23$), а в группе с рефракционной амблиопией, напротив, связь была сильной ($r=-0,72$). Полученный результат, возможно, означает, что грубые аметропии, присутствующие с самого рождения, влияют на дифференцировку центральной ямки более значительно, чем косоглазие, развивающееся, как правило, несколько позже, но этот факт требует дальнейшего изучения с большей выборкой пациентов. Хотя амблиопия связана с функциональным торможением в коре головного мозга, вопрос о вовлечении сетчатки и хориоидеи в патогенез данного заболевания остаётся дискуссионным. Существуют работы, в ходе которых выявлены морфометрические различия в слое ганглиозных клеток [14], фоторецепторов [15], толщине сетчатки и хориоидеи [16, 17]. Наряду с этим опубликовано немало работ, опровергающих заинтересованность структур заднего полюса глаза в патогенезе амблиопии [18].

Во всех группах с нистагмом выявлена взаимосвязь данных МКОЗ и параметров плотности и амплитуды фиксации, что подтверждает первичное нарушение фиксации при данном состоянии, его вклад в формирование относительной амблиопии и согласуется с выводами зарубежных [19] и отечественных авторов [7]. Следует отметить, что лишь при сочетании нистагма и врождённой близорукости показатели МКОЗ коррелировали также с данными светочувствительности сетчатки, при этом была обнаружена умеренная обратная корреляционная взаимосвязь МКОЗ и ТФ ($r=-0,42$). Полученные результаты подтверждают, что сочетание различных патологий приводит к суммированию различных механизмов формирования относительной амблиопии. При этом могут быть задействованы разные патогенетические звенья, снижающие функциональные способности пациента.

В нашем исследовании было выявлено, что данные СТХ не имеют взаимосвязи с показателями МКОЗ и, соответственно, не вносят свой вклад в патогенез дисбинокулярной и рефракционной амблиопии, а также относительной амблиопии при нистагме и врождённой близорукости. На степень амблиопии может оказывать влияние центральная толщина сетчатки, что было показано как в нашей работе, так и в ряде зарубежных исследований [20]. В то же время различия в толщине сосудистой оболочки при амблиопии различного генеза

объясняются различиями в рефракции и длине глаза и не связаны с патогенезом амблиопии [21, 22].

ВЫВОДЫ

1. При дисбинокулярной и рефракционной амблиопии выявлена сильная корреляционная взаимосвязь параметров фиксации и МКОЗ. Параметры светочувствительности центральной области сетчатки не вносили вклад в снижение остроты зрения. В группе с рефракционной амблиопией выявлена значимая взаимосвязь МКОЗ и ТФ ($r=-0,72$).

2. Во всех группах с нистагмом обнаружена сильная корреляционная взаимосвязь параметров фиксации и МКОЗ, что указывает на первичное нарушение фиксации в патогенезе этого вида относительной амблиопии. Показана умеренная корреляция данных МКОЗ и ТФ ($r=-0,45$; $r=-0,32$; $r=-0,23$), что может указывать на нарушение дифференцировки центральной ямки сетчатки и снижение МКОЗ также за счёт структурных нарушений.

3. При врождённой миопии и при её сочетании с нистагмом выявлена корреляционная взаимосвязь параметров светочувствительности сетчатки в центральной области с рефракцией и МКОЗ, что указывает на частично органическую природу относительной амблиопии при врождённой близорукости. Также в этих группах показана значимая взаимосвязь между МКОЗ и ТФ ($r=-0,37$; $r=-0,42$).

4. Не обнаружено связи СТХ и МКОЗ ни в одной группе, что указывает на отсутствие вовлечённости сосудистой оболочки в патогенез рефракционной, дисбинокулярной, а также относительной амблиопии при нистагме и врождённой миопии. Выявлена только корреляция СТХ с данными ПЗО и рефракцией, что отражает зависимость СТХ от размеров глаза.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / DISCLAIMERS

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Wallace D.K., Repka M.X., Lee K.A., et al. Amblyopia preferred practice pattern // *Ophthalmology*. 2018. Vol. 125, N1. P. 105–142. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.10.008
- Катаргина Л.А., Михайлова Л.А. Состояние детской офтальмологической службы в Российской Федерации (2012–2013 гг.) // *Российская педиатрическая офтальмология*. 2015. Т. 10, №1. С. 5–10.

- Тарутта Е.П., Чернышева С.Г., Губкина Г.Л., и др. Новый способ диагностики и оценки эффективности лечения оптического нистагма с использованием микропериметрии // *Российская педиатрическая офтальмология* 2014. Т. 9, №1. С. 46–48.
- Хватова Н.В., Слышалова Н.Н., Вакурина А.Е. Амблиопия: зрительные функции, патогенез и принципы лечения. В кн.:

Зрительные функции и их коррекция у детей: Руководство для врачей / под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко. А.М. Шамшиновой. Москва: Медицина, 2005. С. 202–220.

5. Abadi R.V., Scallan C.J. Waveform characteristics of manifest latent nystagmus // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000. Vol. 41, N12. P. 3805–3817.

6. Carpineto P., Ciancaglini M., Nubile M., et al. Fixation patterns evaluation by means of MP-1 microperimeter in microstrabismic children treated for unilateral amblyopia // *Eur J Ophthalmol*. 2007. Vol. 17, N6. P. 885–890. doi: 10.1177/112067210701700603

7. Апаев А.В., Тарутта Е.П. Сравнительная оценка параметров зрительной фиксации при амблиопии различного генеза // *Вестник офтальмологии*. 2020. Т. 136, №2. С. 26–31. doi: 10.17116/oftalma202013602126

8. Pang Y., Goodfellow G.W., Allison C., et al. A prospective study of macular thickness in amblyopic children with unilateral high myopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011. Vol. 52, N5. P. 2444–2449. doi: 10.1167/iov.10-5550

9. Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Рябина М.В., и др. Морфометрические и функциональные особенности макулярной области у пациентов с высокой врожденной миопией // *Вестник офтальмологии*. 2012. Т. 128, №1. С. 3–8.

10. Pang Y., Frantz K.A., Block S., et al. Effect of amblyopia treatment on macular thickness in eyes with myopic anisometropic amblyopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015. Vol. 56, N4. P. 2677–2683. doi: 10.1167/iov.14-15532

11. Shaikh A.G., Otero-Millan J., Kumar P., et al. Abnormal fixational eye movements in amblyopia // *PLoS One*. 2016. Vol. 11, N3. P. e0149953. doi: 10.1371/journal.pone.0149953

12. Chen D., Otero-Millan J., Kumar P., et al. Visual search in amblyopia: abnormal fixational eye movements and suboptimal sampling strategies. Visual search in amblyopia: abnormal fixational eye movements and suboptimal sampling strategies // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018. Vol. 59, N11. P. 4506–4517. doi: 10.1167/iov.18-24794

13. Trabucco P., Mafrici M., Salomone M., et al. Microperimetric findings in children with amblyopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014. Vol. 55, N13. P. 794.

14. Park K.A., Park D.Y., Oh S.Y. Analysis of spectral-domain optical coherence tomography measurements in amblyopia: a pilot study // *Br J Ophthalmol*. 2011. Vol. 95, N12. P. 1700–1706. doi: 10.1136/bjo.2010.192765

15. Szigeti A., Tátrai E., Szamosi A., et al. A morphological study of etinal changes in unilateral amblyopia using optical coherence tomography image segmentation // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, N2. P. e88363. doi: 10.1371/journal.pone.0088363

16. Бойчук И.М., Яхница Е.И. Морфометрические особенности слоя нервных волокон и диска зрительного нерва у детей с амблиопией и гиперметропической рефракцией // *Офтальмологический журнал*. 2013. №6. С. 17–22.

17. Kasem M.A., Badawi A.E. Changes in macular parameters in different types of amblyopia: optical coherence tomography study // *Clin Ophthalmol*. 2017. Vol. 11. P. 1407–1416. doi: 10.2147/OPTH.S143223

18. Kim Y.W., Kim S.J., Yu Y.S. Spectral-domain optical coherence tomography analysis in deprivational amblyopia: a pilot study with unilateral pediatric cataract patients // *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013. Vol. 251, N12. P. 2811–2819. doi: 10.1007/s00417-013-2494-1

19. Molina-Martín A., Piñero D.P., Pérez-Cambrodí R.J. Fixation pattern analysis with microperimetry in nystagmus patients // *Can J Ophthalmol*. 2015. Vol. 50, N6. P. 413–421. doi: 10.1016/j.cjco.2015.07.012

20. Kavitha V., Heralgi M.M., Harishkumar P.D., et al. Analysis of macular, foveal, and retinal nerve fiber layer thickness in children with unilateral anisometropic amblyopia and their changes following occlusion therapy // *Indian J Ophthalmol*. 2019. Vol. 67, N7. P. 1016–1022. doi: 10.4103/ijo.IJO_1438_18

21. Nishi T., Ueda T., Hasegawa T., et al. Choroidal thickness in children with hyperopic anisometropic amblyopia // *Br J Ophthalmol*. 2014. Vol. 98, N2. P. 228–232. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303938

22. Niyaz L., Yucel O.E., Ariturk N., Terzi O. Choroidal thickness in strabismus and amblyopia cases // *Strabismus*. 2017. Vol. 25, N2. P. 56–59. doi: 10.1080/09273972.2017.1318152

REFERENCES

1. Wallace DK, Repka MX, Lee KA, et al. Amblyopia preferred practice pattern. *Ophthalmology*. 2018;125(1):105–142. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.10.008

2. Katargina LA, Mikhailova LA. The current stage of the ophthalmological care service in the Russian Federation (2012–2013). *Rossiiskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2015;10(1):5–10 (In Russ).

3. Tarutta EP, Chernysheva SG, Gubkina GL, et al. A new way of diagnostic and treatment effectiveness evaluation of the optical nystagmus using microperimetry. *Rossiiskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2014;9(1):46–48 (In Russ).

4. Khvatova NV, Slyshalova NN, Vakurina AE. *Ambliopiya: zritel'nye funktsii, patogenez i printsipy lecheniya*. In: Avetisov SE, Kashchenko TP, Shamshinova AM, editors. *Zritel'nye funktsii i ikh korrektsiya u detei: Rukovodstvo dlya vrachei*. Moscow: Meditsina; 2005. P. 202–220. (In Russ).

5. Abadi RV, Scallan CJ. Waveform characteristics of manifest latent nystagmus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000;41(12): 3805–3817.

6. Carpineto P, Ciancaglini M, Nubile M, et al. Fixation patterns evaluation by means of MP-1 microperimeter in microstrabismic children treated for unilateral amblyopia. *Eur J Ophthalmol*. 2007;17(6):885–890. doi: 10.1177/112067210701700603

7. Apaev AV, Tarutta EP. Comparative assessment of the parameters of visual fixation in amblyopia of different origin *Vestnik oftal'mologii*. 2020;136(2):26–31. (In Russ). doi: 10.17116/oftalma202013602126

8. Pang Y, Goodfellow GW, Allison C, et al. A prospective study of macular thickness in amblyopic children with unilateral high myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(5):2444–2449. doi: 10.1167/iov.10-5550

9. Tarutta EP, Markosyan GA, Ryabina MV, et al. Morphometric and functional features of the macular region in patients with high congenital myopia. *Vestnik oftal'mologii*. 2012;128(1):3–8. (In Russ).

10. Pang Y, Frantz KA, Block S, et al. Effect of amblyopia treatment on macular thickness in eyes with myopic anisometropic amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(4):2677–2683. doi: 10.1167/iov.14-15532

11. Shaikh AG, Otero-Millan J, Kumar P, Ghasia FF. Abnormal fixational eye movements in amblyopia. *PLoS One*. 2016;11(3):e0149953. doi: 10.1371/journal.pone.0149953
12. Chen D, Otero-Millan J, Kumar P, et al. Visual search in amblyopia: abnormal fixational eye movements and suboptimal sampling strategies. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(11):4506–4517. doi: 10.1167/iovs.18-24794
13. Trabucco P, Mafrici M, Salomone M, et al. Microperimetric findings in children with amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55(13):794.
14. Park KA, Park DY, Oh SY. Analysis of spectral-domain optical coherence tomography measurements in amblyopia: a pilot study. *Br J Ophthalmol*. 2011;95(12):1700–1706. doi: 10.1136/bjo.2010.192765
15. Szigeti A, Tátrai E, Szamosi A, et al. A morphological study of etinal changes in unilateral amblyopia using optical coherence tomography image segmentation. *PLoS One*. 2014;9(2):e88363. doi: 10.1371/journal.pone.0088363
16. Boychuk IM, Yakhnitsa EI. Morphometric peculiarities of nerve fiber layer and optic disc in children with amblyopia and hypermetropic refraction. *Oftal'mologicheskii zhurnal*. 2013;(6):17–22. (In Russ).
17. Kasem MA, Badawi AE. Changes in macular parameters in different types of amblyopia: optical coherence tomography study. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:1407–1416. doi: 10.2147/OPHTH.S143223
18. Kim YW, Kim SJ, Yu YS. Spectral-domain optical coherence tomography analysis in deprivation amblyopia: a pilot study with unilateral pediatric cataract patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013;251(12):2811–2819. doi: 10.1007/s00417-013-2494-1
19. Molina-Martín A, Piñero DP, Pérez-Cambrodí RJ. Fixation pattern analysis with microperimetry in nystagmus patients. *Can J Ophthalmol*. 2015;50(6):413–421. doi: 10.1016/j.jcjo.2015.07.012
20. Kavitha V, Heralgi MM, Harishkumar PD, et al. Analysis of macular, foveal, and retinal nerve fiber layer thickness in children with unilateral anisometropic amblyopia and their changes following occlusion therapy. *Indian J Ophthalmol*. 2019;67(7):1016–1022. doi: 10.4103/ijo.IJO_1438_18
21. Nishi T, Ueda T, Hasegawa T, et al. Choroidal thickness in children with hyperopic anisometropic amblyopia. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(2):228–232. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303938
22. Niyaz L, Yucel OE, Ariturk N, Terzi O. Choroidal thickness in strabismus and amblyopia cases. *Strabismus*. 2017;25(2):56–59. doi: 10.1080/09273972.2017.1318152

ОБ АВТОРАХ

***Регина Расуловна Хубиева**, аспирант;
адрес: Россия, Москва, 105062, ул. Садовая-Черногрозская 14/19; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8383-0127>;
e-mail: reginahubieva@mail.ru

Елена Петровна Тарутта, д-р мед.наук, профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8864-4518>;
e-mail: elenatarutta@mail.ru

Александр Вячеславович Апаев, научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7669-1256>; eLibrary
SPIN:1640-0173; e-mail: doc229@mail.ru

Гаянэ Айказовна Маркосян, д-р мед.наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-6396>;
e-mail: dvdmdv@mail.ru

AUTHORS INFO

Regina R. Khubieva; MD, PhD student;
address: 14/19 Sadovaya-Chernogriazskaya str., Moscow, 105062, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8383-0127>;
e-mail: reginahubieva@mail.ru

Elena P. Tarutta, Dr of Med. Sci, professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8864-4518>;
e-mail: elenatarutta@mail.ru

Aleksander V. Apaev, research associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7669-1256>;
eLibrary SPIN:1640-0173; e-mail: doc229@mail.ru

Gajane A. Markosyan, Dr of Med. Sci;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-6396>;
e-mail: dvdmdv@mail.ru