



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-109-119>

# Новый метод лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией с помощью биологической обратной связи

Е.П. Тарутта, Р.Р. Хубиева , С.В. Милаш, А.В. Апаев, Н.А. Аклаева, И.В. Зольникова

ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

**Цель работы** — разработка нового метода лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией путем централизации зрительной фиксации и повышения светочувствительности сетчатки в макулярной области с помощью биологической обратной связи (БОС). **Материал и методы.** В исследование включены 27 пациентов (27 глаз) с амблиопией различного генеза в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем  $9,15 \pm 3,19$  года), способных выполнять тренировочные сессии на микропериметре MP-3 Nidek (Япония). Кроме стандартного обследования, пациентам проводили оценку бинокулярного статуса с помощью четырехточечного теста, макулярную электроретинографию, микропериметрию, оптическую когерентную томографию (ОКТ). Лечение на приборе микропериметр с помощью зрительной (мерцающий шахматный паттерн) и звуковой (звуковой сигнал) БОС включало 10–15 сеансов по 10–12 мин. Всех пациентов обследовали до лечения, сразу после его окончания, а также через 1 и 3 мес после него. **Результаты.** Предварительные результаты показали повышение максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) с  $0,41 \pm 0,24$  до  $0,68 \pm 0,27$  (33,9%), светочувствительности сетчатки в фовеа — с  $27,07 \pm 3,90$  до  $29,8 \pm 3,3$  дБ (10%), плотности фиксации в центральной области — с  $59,80 \pm 31,08$  до  $72,05 \pm 34,50\%$  (20,4%) со снижением ее амплитуды более чем в 2 раза. Неустойчивая центральная фиксация после лечения сменилась устойчивой центральной во всех случаях. При нецентральной фиксации приближение точки фиксации к центральной области и улучшение характеристик фиксации получены в 75% случаев. Достигнутые результаты сохранялись в срок наблюдения до 3 мес. **Заключение.** Разработан эффективный и безопасный метод лечения амблиопии с нарушением фиксации различной степени, который можно использовать у пациентов детского возраста.

**Ключевые слова:** лечение; амблиопия; микропериметрия; фиксация; биологическая обратная связь

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Тарутта Е.П., Хубиева Р.Р., Милаш С.В., Апаев А.В., Аклаева Н.А., Зольникова И.В. Новый метод лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией с помощью биологической обратной связи. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2): 109-19. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-109-119>

# A new method of amblyopia treatment in children with unstable central and eccentric fixation using biofeedback

Elena P. Tarutta, Regina R. Khubieva , Sergey V. Milash, Alexander V. Apaev, Nailya A. Aklaeva, Inna V. Zolnikova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia  
reginahubieva@mail.ru

**Purpose.** To develop a new method of amblyopia treatment in children with unstable central and eccentric fixation by centralizing visual fixation and increasing retinal photosensitivity in the macular region using biofeedback. **Material and methods.** The study included 27 patients (27 eyes) with amblyopia of various origins, aged 5 to 17 (averagely  $9.15 \pm 3.19$  years), who were able to perform training sessions on the MP-3 Nidek microperimeter (Japan). In addition to standard examination, all patients underwent binocular status assessment using a four-point test, macular electroretinography, microperimetry, optical coherence tomography (OCT). The treatment, carried out on the microperimeter using visual (flickering checkerboard pattern) and sound signal biofeedback, consisted of 10–15 sessions, 10–12 minutes each. All patients were examined before treatment cycle, immediately upon the end of the cycle, and also 1 and 3 months after it. **Results.** Preliminary results showed an increase in best corrected visual acuity (BCVA) from  $0.41 \pm 0.24$  to  $0.68 \pm 0.27$  (33.9%), the photosensitivity of the retina in the fovea increased from  $27.07 \pm 3.90$  to  $29.8 \pm 3.3$  dB (10%), fixation density in the central region from  $59.80 \pm 31.08$  to  $72.05 \pm 34.5\%$  (20.4%) with its amplitude decreased by more than two times. After treatment, unstable central fixation changed to stable central fixation in all cases. With eccentric fixation, the fixation point shifted closer to the central region, and fixation characteristics improved in 75% of cases. The obtained results retained throughout the observation period which lasted up to 3 months. **Conclusion.** The proposed new treatment method of amblyopia with impaired fixation of various degrees proved to be effective and safe and can be recommended for use in pediatric patients.

**Keywords:** amblyopia; microperimetry; fixation; biofeedback

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Tarutta E.P., Khubieva R.R., Milash S.V., Apaev A.V., Aklaeva N.A., Zolnikova I.V. A new method of amblyopia treatment in children with unstable central and eccentric fixation using biofeedback. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2): 109-19 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-109-119>

Амблиопия является одной из основных причин снижения зрения у детей в нашей стране и за рубежом. Согласно систематическому обзору и метаанализу Z. Fu и соавт. [1], в 2019 г. в мире насчитывалось 99,2 млн человек с амблиопией. По прогнозу эти цифры значительно увеличатся — до 175,2 млн человек к 2030 г. и до 221,9 млн человек в 2040 г. Значительный прогнозируемый рост числа случаев амблиопии в мире в следующие 20 лет бросает вызов научному сообществу и требует разработки новых методов лечения и профилактики амблиопии.

Имеются сообщения о том, что вместе со снижением максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) глаза с амблиопией демонстрируют изменение различных параметров фиксации по сравнению с парным глазом и группой контроля без амблиопии [2–4]. В ряде исследований параметры стабильности фиксации амблиопичных глаз показали взаимосвязь с остротой зрения (ОЗ). Однако точная причинно-следственная связь между МКОЗ и стабильностью фиксации при амблиопии не установлена.

В исследованиях последних лет сообщается о возможности успешно влиять на параметры фиксации при помощи тренировок с использованием зрительной и акустической биологической обратной связи (БОС) на приборе микропериметр (МП). E. Vingolo и соавт. [5] дают определение микропериметрической тренировки с БОС (М-БОС) как стратегии зрительной реабилитации, основанной на улучшении ста-

бильности фиксации, укреплению или формировании нового локуса фиксации. Методика основана на церебральной пластичности и возможности нейросенсорной адаптации с целью улучшения зрительных функций. Определяется предпочтительный локус сетчатки (PRL), используемый пациентом, и тренируемый локус сетчатки (TRL), определяющийся самим оператором как область с наилучшими функциональными показателями. БОС в виде звукового сигнала и шахматного паттерна помогает пациенту выбрать правильное направление фиксации и удерживать его во время тренировочной сессии. Акустическая БОС, как считают, облегчает передачу данных между сетчаткой и мозгом, поддерживая «феномен переназначения», а зрительная БОС воздействует на связь между интраретинальными нейронами [6]. Несмотря на достаточное количество работ, полученные результаты и внедрение данного метода лечения при заболеваниях различной этиологии, следует отметить, что механизм БОС до конца не известен.

Ряд авторов проводили лечение методом БОС на МП у пациентов с различной патологией сетчатки, сопровождающейся потерей МКОЗ и стабильности фиксации: возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), макулярным разрывом, миопической макулопатией, болезнью Штаргардта, глаукомой и др. [7–10]. В результате тренировок удалось изменить PRL или усилить существующий, что приводило к стабилизации фиксации, повышению чувствительности и,

как следствие, повышению ОЗ, зрительной работоспособности и качества жизни пациентов. В нескольких исследованиях при проведении тренировок БОС звуковой стимул комбинировали с мерцающим зрительным паттерном, такое сочетание было более эффективным в увеличении стабильности фиксации и повышении чувствительности сетчатки [11, 12]. В пилотных исследованиях тренировки БОС проводились также у детей с нистагмом [13]. Итогом проведенного лечения явилось значительное улучшение фиксации, т. е. уменьшение амплитуды нистагма. Тем не менее в некоторых работах не была установлена связь стабилизации фиксации с повышением МКОЗ [14].

С учетом показанной возможности реорганизации фиксации и повышения МКОЗ у пациентов с поражением макулы и нистагмом в нашей работе мы решили провести аналогичное лечение у пациентов без органической патологии, при амблиопии с нестабильной и эксцентричной фиксацией, используя МР-3 Nidek (Япония). Для повышения централизации и устойчивости фиксации за ТRL была принята фовеа или зона, максимально близкая к ней. В литературе нам не встретились работы с проведением тренировок на МП с использованием зрительной и акустической БОС у детей с амблиопией.

**ЦЕЛЬЮ** нашего исследования явилась разработка метода лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией путем централизации зрительной фиксации и повышения светочувствительности сетчатки в макулярной области с помощью БОС.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование включены 27 пациентов (27 глаз) в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем  $9,15 \pm 3,19$  года), в том числе 9 девочек и 18 мальчиков, способных выполнять тренировочные сессии на МР-3 Nidek (Япония) с амблиопией различного генеза: дисбинокулярной (10 пациентов), рефракционной (3 пациента), анизотропической (9 пациентов), смешанной (5 пациентов). МКОЗ составила в среднем  $0,41 \pm 0,24$  (от 0,02 и до 0,7); сферический эквивалент рефракции (SER) в среднем  $2,13 \pm 3,60$  дптр (от -8,0 до 7,75 дптр).

Исследование проводилось в строгом соответствии с принципами Хельсинкской декларации и было одобрено этическим комитетом НМИЦ ГБ им. Гельмгольца. Пациенты и их родители/законные представители были информированы об участии в исследовании. Информированное письменное согласие получено от родителей / законных представителей всех участников исследования.

Кроме стандартного обследования, всем пациентам проводили оценку бинокулярного статуса, макулярную электроретинографию (М-ЭРГ), оптическую когерентную томографию (ОКТ) и микропериметрию (рис. 1).

Бинокулярный статус оценивали при помощи четырехточечного теста по принципу разделения полей зрения обоих глаз до и после лечения, через 1 и 3 мес [15].

Исследование электрофизиологических показателей проводили на электроретинографе МБН (Россия) при помощи М-ЭРГ до лечения. Оценивалась амплитуда и латентность  $\alpha$ - и  $\beta$ -волн.

Толщину сетчатки и отдельно толщину комплекса слоя нервных волокон и ганглиозных клеток сетчатки (ТСНВС + ГКС) в макулярной области измеряли на спектральном ОКТ RS-3000 Advance 2 (Nidek, Япония) с получением карты диаметром 6 мм в соответствии с Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS). Количественные измерения проводились с помощью программного обеспечения по умолчанию Navis-EX 1.8.0 (Nidek).

Микропериметрию и тренировки зрительной акустической БОС проводили на МР-3 Nidek (Япония) с использованием программного обеспечения Navis-EX 1.8.0.

Оценка светочувствительности сетчатки и стабильности фиксации проходила в мезопических условиях, монокулярно (парный глаз закрывали окклюдером), без циклоплегии. Перед исследованием пациентам проводили подробный инструктаж и пробное предварительное тестирование для исключения эффекта обучения. Светочувствительность сетчатки измеряли в специально созданных 17 точках: в центре фовеа и 16 точках по окружности на расстоянии  $2^\circ$  и  $4^\circ$  от центра фовеа. Определяли светочувствительность сетчатки непосредственно в фовеа; среднюю светочувствительность по окружности на расстоянии  $2^\circ$  и  $4^\circ$  от фовеа; максимальную и минимальную светочувствительность во всей исследуемой области (дБ). Средняя светочувствительность сетчатки определялась в  $2^\circ$  и  $4^\circ$  как среднее пороговое значение (дБ) для всей области тестирования. Использовали стимул Goldmann-III длительностью 200 мс; пороговая стратегия 4–2 (fast). Динамический диапазон стимула был установлен на уровне 34 дБ. Целью для фиксации был один красный крест размером  $2^\circ$ .

При исследовании фиксации в качестве мишени использовали один красный крест размером  $2^\circ$ . Пациента просили фиксировать взглядом центр красного креста в течение 30 с. Во время исследования автоматически определяли PRL, который отображался в конце исследования в виде красного креста на изображении глазного дна. Стабильность фиксации оценивали количественно путем измерения площади эллипсов двухмерного контура (ВСЕА град<sup>2</sup>), которые охватывают 68, 95 и 99% точек фиксации. Меньшая площадь ВСЕА указывает на более стабильную фиксацию. Плотность фиксации оценивали в областях  $2^\circ$  и  $4^\circ$  по классификации G. Fujii [16]. Неустойчивая центральная фиксация определялась, когда менее 75% точек фиксации попадали в область  $2^\circ$ , нецентральная фиксация определялась, когда несовпадение точки фиксации с центром фовеа составляло более  $2^\circ$  [16, 17].

*Тренировки зрительной и акустической БОС* проводили монокулярно, в мезопических условиях, без расширения зрачка с использованием модуля feedback МР-3 и беспроводных наушников (рис. 2). Протокол лечения представлен на рисунке 1. Тренировочная сессия состояла из 10–15 тренировок, каждая не менее 10–12 мин, 3 раза в неделю. После получения данных о светочувствительности сетчатки и фиксации определяли PRL, используемый пациентом, ТRL выбирал врач. Для повышения централизации и устойчивости фиксации за ТRL принимали фовеолу или зону, максимально близкую к ней. При неустойчивой центральной фиксации ТRL выбирали размером  $2^\circ$ , при нецентральной фиксации —  $5^\circ$ . В качестве звукового сигнала была выбрана мелодия piano. Световой стимул представлял собой мерцающий шахматный паттерн с красным крестом размером  $4^\circ$  при неустойчивой центральной и  $8^\circ$  при нецентральной фиксации, частота мельканий — 20 Гц. Во время тренировочного сеанса звуковой сигнал в наушниках помогал пациенту выбрать правильное направление фиксации: чем ближе к ТRL, тем частота звуковых сигналов становилась выше. Попадая в нужный локус сетчатки, пациент получал обратную связь в виде стабильного непрерывного звукового сигнала и проекции шахматного паттерна на ТRL (см. ссылку на видео в конце статьи). Удерживать фиксацию взгляда в ТRL нужно было как можно дольше, не менее 10–12 мин (время трекинга) за тренировку. Повторные тренировки проводили с использованием функции

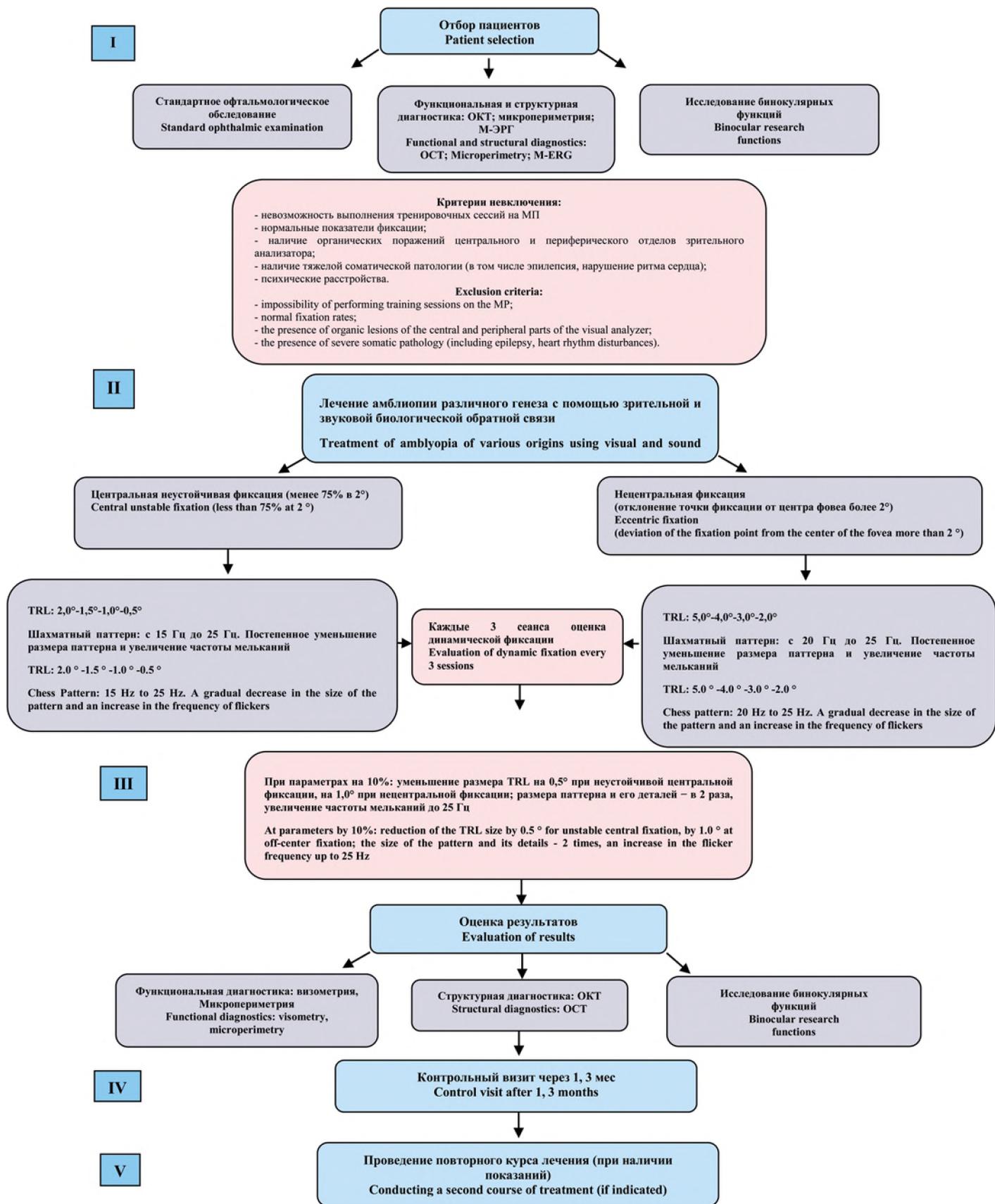


Рис. 1. Этапы проведения лечения  
Fig. 1. Stages of treatment

# Микропериметрические тренировки с биологической обратной связью (М-БОС)

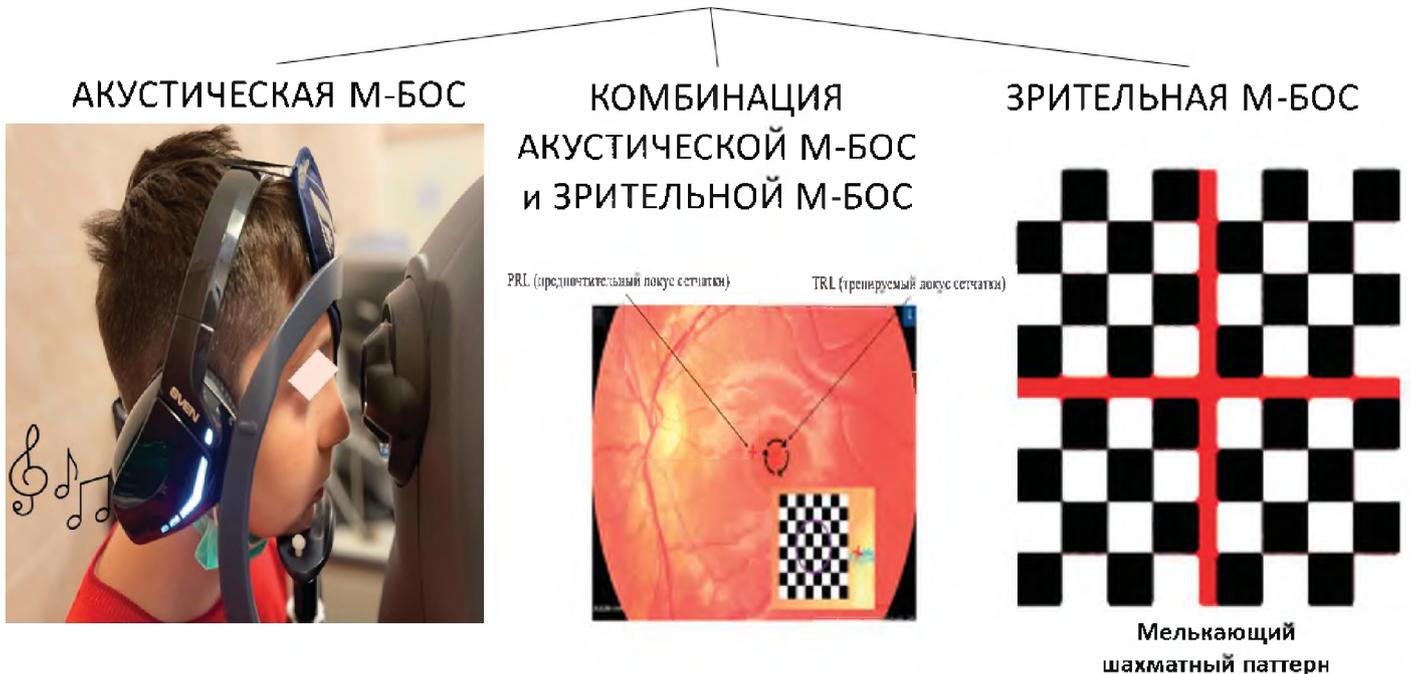


Рис. 2. Микропериметрические тренировки с биологической обратной связью  
Fig. 2. Microperimetric biofeedback training

follow-up. После каждых 3 сеансов оценивали динамическую фиксацию. При улучшении этого параметра на 10% уменьшали размер TRL на  $0,5^\circ$  при неустойчивой центральной и на  $1,0^\circ$  при нецентральной фиксации, размер шахматного паттерна и его деталей — в 2 раза, частоту мельканий постепенно увеличивали до 25 Гц [18].

Критерии включения пациентов в исследование: согласие пациентов и/или законных представителей на участие в клиническом исследовании; возраст пациентов от 5 до 17 лет; снижение параметров плотности фиксации ( $< 75\%$  в кольце  $2^\circ$ ) или нецентральная точка фиксации (отклонение от фовеальной области более чем на  $2^\circ$ ) со снижением МКОЗ  $< 0,7$ ; отсутствие хронических воспалительных, инфекционных, дистрофических или онкологических заболеваний переднего и заднего отрезков глаза; отсутствие тяжелой соматической патологии.

Критерии невключения пациентов в исследование: невозможность выполнения тренировочных сессий на МП; отказ пациента и/или законных представителей от участия в клиническом исследовании; нормальные показатели фиксации ( $> 75\%$  в кольце  $2^\circ$ , центральная точка фиксации) при сниженных значениях МКОЗ; наличие органических поражений центрального и периферического отделов зрительного анализатора; наличие тяжелой соматической патологии (в том числе эпилепсия, нарушение ритма сердца), а также психических расстройств.

*Статистическая обработка* данных выполнена с использованием приложения Microsoft Excel и пакета статистического анализа Biostatistics 6.0 for Windows. Для анализа связи МКОЗ с данными светочувствительности сетчатки и характеристиками фиксации использовали корреляционный анализ — линейный коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ). Уровень достоверности различий определяли по стандартному  $t$ -критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Ни у одного пациента не было выявлено электрофункциональных нарушений до лечения: амплитуда и латентность  $\alpha$ - и  $\beta$ -волн при исследовании М-ЭРГ оставались в пределах нормы.

МКОЗ до лечения составила в среднем  $0,41 \pm 0,24$  (от 0,02 до 0,70); SER в среднем  $2,13 \pm 3,60$  дптр (от -8,00 до 7,75 дптр). Характер зрения был монокулярным у 14 пациентов, одновременным у 10 пациентов, неустойчивым бинокулярным у 3 пациентов. Неустойчивая центральная фиксация диагностирована у 15 пациентов, нецентральная фиксация — у 12 пациентов: парафовеальная — у 2 пациентов; макулярная — у 6 пациентов; парамакулярная — у 2 пациентов; периферическая — у 2 пациентов.

После лечения МКОЗ увеличилась у 24 (88,9%) пациентов; у 3 (11,1%) пациентов осталась без изменений; ухудшения МКОЗ не было выявлено. МКОЗ достоверно увеличилась ( $p < 0,01$ ) в среднем на  $0,27 \pm 0,25$  (33,9%): с  $0,41 \pm 0,24$  до  $0,68 \pm 0,27$  после него; в 2 случаях у пациентов с нецентральной фиксацией МКОЗ увеличилась более чем в 3 раза. У 2 пациентов с исходной неустойчивой центральной фиксацией через месяц после курса лечения отмечалось дальнейшее повышение МКОЗ.

Подробные характеристики фиксации и параметры светочувствительности центральной области сетчатки до лечения, после него и в срок наблюдения до 3 мес представлены в таблице. Плотность фиксации в  $2^\circ$  в среднем увеличилась на  $12,15 \pm 28,09\%$  (на 20,4%: до лечения —  $59,80 \pm 31,08\%$ , после лечения —  $72,05 \pm 34,5\%$ ), разница не достигла статистической значимости ( $p > 0,05$ ); плотность фиксации в  $4^\circ$  — в среднем на  $3,60 \pm 26,08\%$  (на 4,4%: до лечения —  $81,5 \pm 26,5\%$ , после лечения —  $85,1 \pm 27,3\%$ ), разница не достигла статистической значимости ( $p > 0,05$ ); амплитуда ВСЕА 68% в среднем на  $3,7 \pm 6,7$  град $^2$ ; ВСЕА 95% в среднем

на  $9,20 \pm 16,03$  град<sup>2</sup>; ВСЕА 99% в среднем на  $20,7 \pm 38,1$  град<sup>2</sup>, т. е. на 51,3% от исходных значений; достоверно для всех показателей ( $p < 0,01$ ).

Параметры минимальной светочувствительности сетчатки увеличились в среднем на  $2,83 \pm 4,9$  дБ (12,1%: до лечения —  $23,2 \pm 5,7$  дБ, после лечения —  $26,03 \pm 6,20$  дБ), разница не достигла статистической значимости ( $p > 0,05$ ); максимальная светочувствительность сетчатки в среднем на  $0,6 \pm 1,4$  дБ (1,8%: до лечения —  $32,6 \pm 1,9$  дБ, после лечения —  $33,2 \pm 1,6$  дБ), разница не достигла статистической значимости ( $p > 0,05$ ); параметры светочувствительности сетчатки в фовеальной области достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличились в среднем на  $2,73 \pm 3,06$  дБ (10%: до лечения —  $27,07 \pm 3,90$  дБ, после лечения —  $29,8 \pm 3,3$  дБ); светочувствительность сетчатки по окружности на расстоянии  $2^\circ$  от фовеа достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличилась в среднем на  $2,27 \pm 3,30$  дБ (8,1%: до лечения —  $27,8 \pm 3,7$  дБ, после лечения —  $30,07 \pm 3,60$  дБ); светочувствительность сетчатки по окружности на расстоянии  $4^\circ$  от фовеа в среднем на  $1,62 \pm 3,90$  дБ (5,7%: до лечения —  $28,4 \pm 4,1$  дБ, после лечения —  $30,02 \pm 4,08$  дБ), разница не достигла статистической значимости ( $p > 0,05$ ).

Характер фиксации при неустойчивой центральной фиксации после проведенного лечения стал устойчивым центральным во всех случаях. У 2 пациентов парафовеальная фиксация стала преимущественно центральной, но неустойчивой ( $< 75\%$  в колъбе  $2^\circ$ ). У 2 пациентов с макулярным характером фиксации отмечалось приближение точки фиксации к фовеальной области, уменьшение амплитуды и увеличение плотности фиксации. У одного пациента с макулярной фиксацией после 12 тренировочных сессий характер фиксации стал преимущественно центральным с повышением остроты зрения более чем в 3 раза. У 2 пациентов парамакулярная фиксация стала преимущественно макулярной. У пациента с периферическим характером фиксации после 12 тренировочных сессий фиксация стала преимущественно парамакулярной с повышением МКОЗ более чем в 3 раза. Клинические примеры изменения параметров фиксации после одного курса лечения с помощью М-БОС представлены на рисунке 4.

После тренировочных сессий бинокулярный статус улучшился в 22% случаев (6 пациентов): у одного пациента монокулярный характер зрения стал неустойчивым одновременным с 3 м, у 2 пациентов одновременный характер зрения стал неустойчивым бинокулярным с 3 м, у 3 пациентов неустойчивое бинокулярное зрение стало устойчивым с 5 м. У 3 (11,1%) пациентов с нецентральной фиксацией повышения МКОЗ, характеристик фиксации и светочувствительности сетчатки в центральной области после лечения не отмечено.

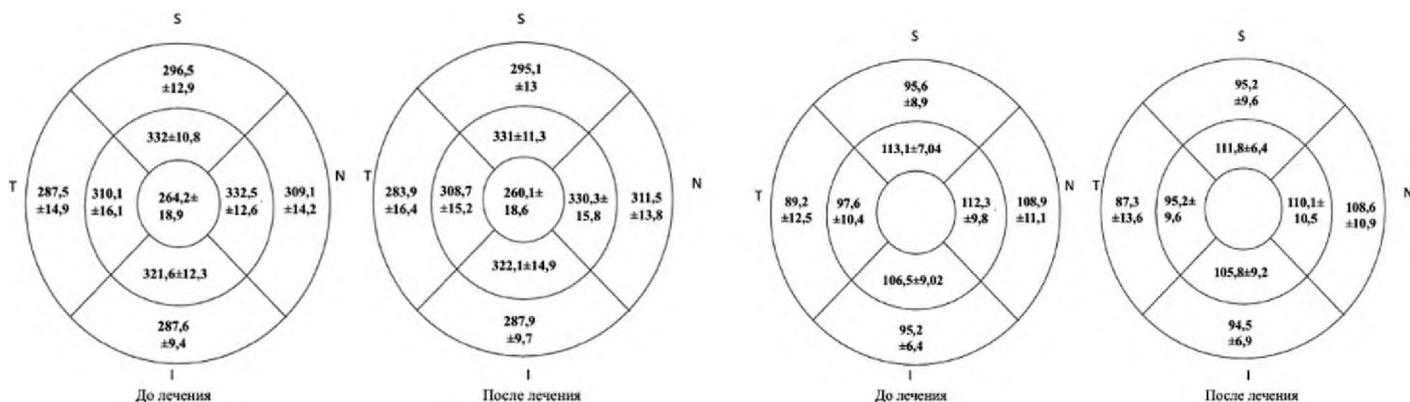
Всем пациентам до лечения, по его окончании, а также через 1 и 3 мес после лечения определяли структурные особенности зрительного анализатора: толщину центральной области сетчатки, а также ТСНВС + ГКС в макулярной области. Отмечена слабая тенденция к уменьшению данных параметров ( $p > 0,05$ , рис. 3).

Для выявления взаимосвязи МКОЗ, параметров фиксации и светочувствительности сетчатки в центральной области был проведен подробный корреляционный анализ (рис. 5). Выявлена прямая корреляционная связь МКОЗ и плотности фиксации в  $2^\circ$  и  $4^\circ$  до лечения ( $r = 0,52$ ;  $r = 0,49$ ) и после лечения ( $r = 0,62$ ;  $r = 0,46$ ). Показана умеренная обратная корреляция между МКОЗ и ВСЕА 68, 95 и 99% (до лечения  $r = -0,53$ ; после лечения  $r = -0,6$ ). Взаимосвязь МКОЗ и светочувствительности сетчатки в фовеа была слабее: до лечения  $r = 0,30$ , после лечения  $r = 0,37$ . Выявлена прямая

Таблица. Параметры зрительной фиксации и светочувствительности сетчатки в центральной области при амблиопии различного генеза до и после лечения, а также через 1 и 3 мес  
Table. Parameters of visual fixation and photosensitivity of the retina in the central region in amblyopia of various origins before and after treatment, and after 1 and 3 months

	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	месяц после лечения month after treatment	3 мес после лечения 3 months after treatment
Количество глаз Quantity eyes	27	27	27	27
Сферический эквивалент рефракции, дптр Spherical equivalent refraction, D	$2,13 \pm 3,60$	$2,11 \pm 3,40$	$2,12 \pm 3,50$	$2,15 \pm 3,20$
МКОЗ BCVA	$0,41 \pm 0,24$	$0,68 \pm 0,27^*$	$0,61 \pm 0,29$	$0,61 \pm 0,32$
Светочувствительность минимальная, дБ Sensitivity minimum, dB	$23,2 \pm 5,7$	$26,03 \pm 6,20$	$28,2 \pm 3,3$	$28,4 \pm 3,1$
Светочувствительность максимальная, дБ Sensitivity maximum, dB	$32,6 \pm 1,9$	$33,2 \pm 1,6$	$33,8 \pm 0,5$	$32,9 \pm 1,1$
Светочувствительность $0^\circ$ , дБ Sensitivity $0^\circ$ , dB	$27,07 \pm 3,90$	$29,8 \pm 3,3^*$	$30,8 \pm 2,8$	$30,6 \pm 2,9$
Светочувствительность $2^\circ$ , дБ Sensitivity $2^\circ$ , dB	$27,8 \pm 3,7$	$30,07 \pm 3,60$	$31,06 \pm 1,90$	$32,01 \pm 1,60$
Светочувствительность $4^\circ$ , дБ Sensitivity $4^\circ$ , dB	$28,4 \pm 4,1$	$30,02 \pm 4,08$	$31,4 \pm 1,8$	$30,9 \pm 1,7$
Фиксация $2^\circ$ , % Fixation $2^\circ$ , %	$59,80 \pm 31,08$	$72,05 \pm 34,50$	$72,6 \pm 33,6$	$73,01 \pm 30,10$
Фиксация $4^\circ$ , % Fixation $4^\circ$ , %	$81,5 \pm 26,5$	$85,1 \pm 27,3$	$87,70 \pm 19,09$	$89,40 \pm 20,02$
Ellipse 68 %, град <sup>2</sup> Ellipse 68 %, grad <sup>2</sup>	$7,2 \pm 9,9$	$3,5 \pm 6,4^*$	$5,4 \pm 8,3$	$4,90 \pm 7,06$
Ellipse 95 %, град <sup>2</sup> Ellipse 95 %, grad <sup>2</sup>	$18,7 \pm 26,2$	$9,5 \pm 17,3^*$	$9,90 \pm 15,01$	$8,09 \pm 16,03$
Ellipse 99 %, град <sup>2</sup> Ellipse 99 %, grad <sup>2</sup>	$38,9 \pm 51,2$	$18,2 \pm 33,1^*$	$19,0 \pm 28,6$	$18,70 \pm 25,09$

Примечание. \* —  $p < 0,05$  — достоверное изменение по сравнению с исходными параметрами.  
Note. \* —  $p < 0,05$  — significant change in comparison with the baseline parameters.



**Рис. 3.** Толщина сетчатки и комплекса нервных волокон и ганглиозных клеток в центральной области сетчатки  
**Fig. 3.** Central retinal thickness and the complex of nerve fibers and ganglion cells in the central region of the retina

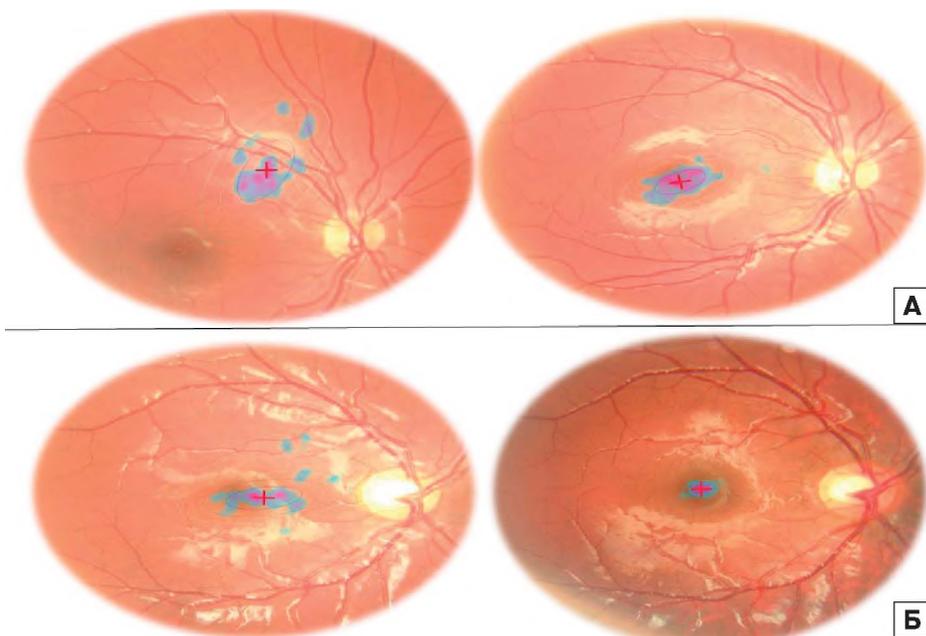
корреляция между увеличением МКОЗ и уменьшением амплитуды ВСЕА после лечения ( $r = 0,55$ ). Связь изменений МКОЗ с плотностью фиксации в  $2^\circ$  и  $4^\circ$  была немного слабее ( $r = 0,48$ ). Взаимосвязи МКОЗ с толщиной сетчатки в фовеа не выявлено ( $r = 0,16$ ), значимой взаимосвязи данного параметра с показателями рефракции также не выявлено ( $r = 0,26$ ).

У всех пациентов отмечалось стабильное повышение зрительных функций в срок наблюдения до 3 мес, регресс полученных результатов не зарегистрирован ни в одном случае.

## ОБСУЖДЕНИЕ

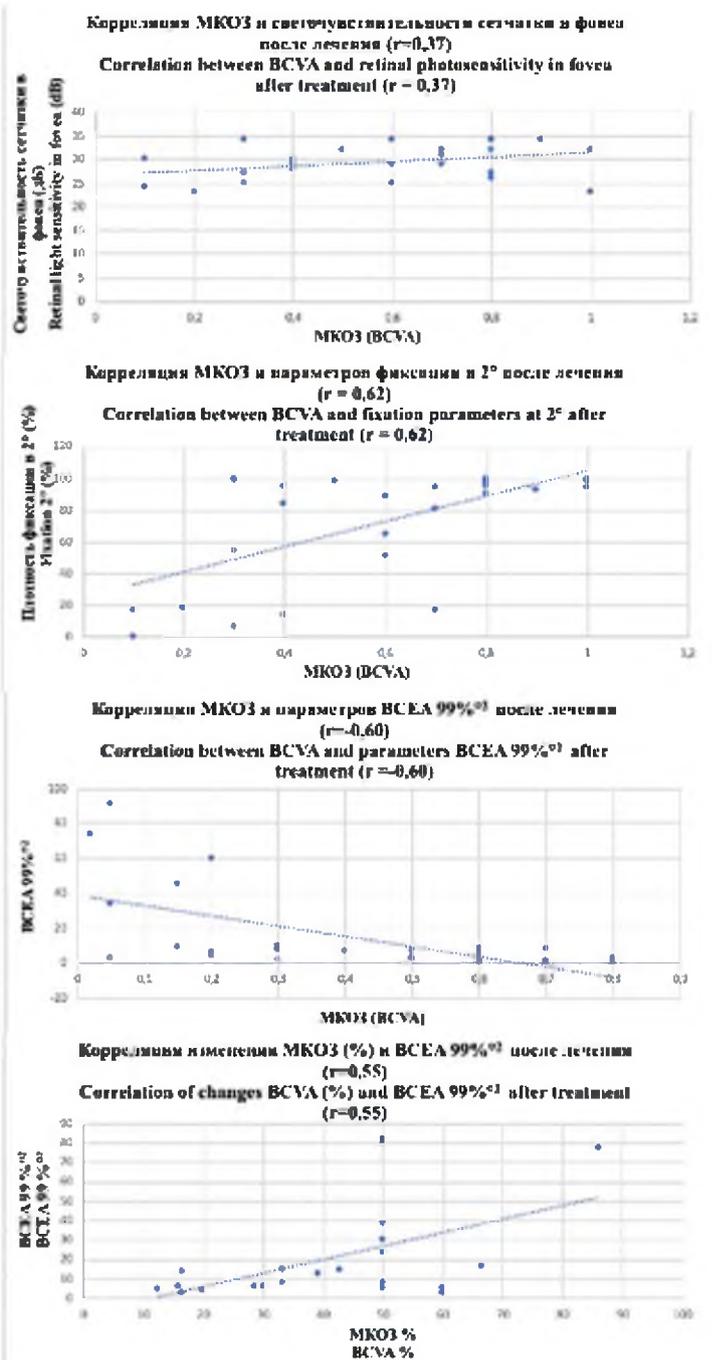
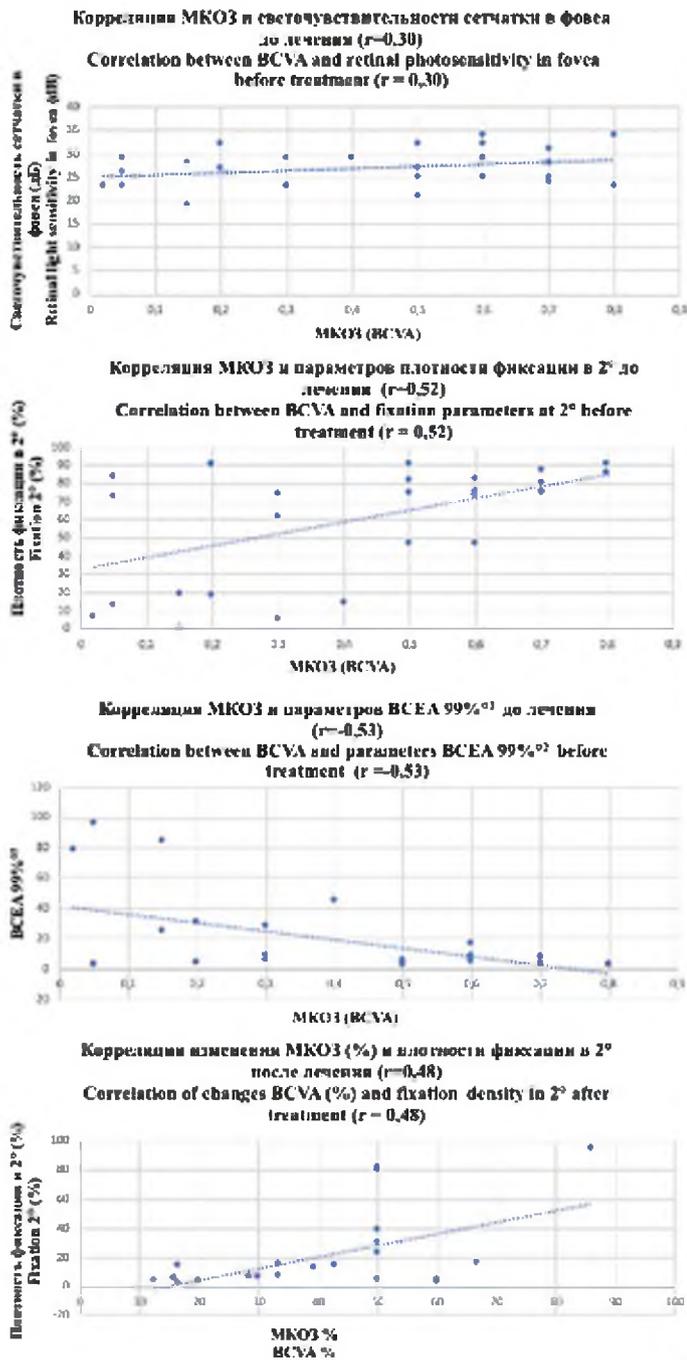
Нами разработан новый метод лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией с помощью БОС [18]. Лечение проведено у 27 пациентов (27 глаз) детского возраста (в среднем  $9,15 \pm 3,19$  года) с амблиопией различного генеза. В результате лечения отмечено достоверное увеличение МКОЗ, плотности фиксации в  $2^\circ$  и  $4^\circ$ , снижение амплитуды фиксации более чем в 2 раза, достоверное увеличение светочувствительности сетчатки в фовеа. Отмечено улучшение бинокулярного статуса у 22% пациентов и сохранение полученного эффекта в срок наблюдения до 3 мес.

В ходе нашего исследования было показано, что у пациентов с амблиопией снижены параметры фиксации, т. е. увеличение ее амплитуды и снижение плотности имеют значимую взаимосвязь с МКОЗ до и после лечения. Корреляция светочувствительности сетчатки в фовеальной области с МКОЗ была слабее, что, возможно, связано с изначально высокими ее значениями. Похожие результаты получены рядом отечественных и зарубежных авторов. Так, показано, что нестабильность фиксации при амблиопии, ассоциированной с косоглазием и анизометропической гиперметропией, коррелирует со степенью амблиопии, продолжительностью заболевания, хирургией на глазодвигательных мышцах и степенью аметропии [2–4]. Отечественными исследователями продемонстрировано снижение параметров светочувстви-



**Рис. 4.** Параметры фиксации у пациентов с амблиопией с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией до и после одного курса лечения. А — пациент 7 лет. DS: дисбинокулярная амблиопия. МКОЗ до лечения — 0,05, МКОЗ после лечения — 0,2. Б — пациент 5 лет. DS: дисбинокулярная амблиопия. МКОЗ до лечения — 0,1, МКОЗ после лечения — 0,7  
**Fig. 4.** Fixation parameters in patients with amblyopia with unstable central and eccentric fixation before and after one course of treatment with biofeedback-training microperimetry. А — patient, 7 years. DS: dysbinocular amblyopia. BCVA before treatment 0.05, BCVA after treatment 0.2. Б — patient, 5 years. DS: dysbinocular amblyopia. BCVA before treatment 0.1, BCVA after treatment 0.7

тельности сетчатки при дисбинокулярной и рефракционной амблиопии, коррелирующее с изменениями фиксации [19]. Высказывались предположения, что неустойчивость монокулярной зрительной фиксации связана с увеличенным количеством саккадических движений, нарушением взаимодействия между глазодвигательным и сенсорным звеном зрительного анализатора [20, 21]. На наш взгляд, неустойчивость фиксации при данном заболевании может быть обусловлена длительной депривацией, отсутствием бинокулярного взаимодействия и, как следствие, нарушением развития правильных функциональных связей. Так как процесс перевода и удержания изображения в фовеальной области является одним из ключевых в системах, обеспечивающих высокую ОЗ, выявленные сниженные характеристики фиксации и их связь с МКОЗ стали предпосылкой для создания метода лечения амблиопии, основанного на



**Рис. 5.** Корреляционный анализ МКОЗ и параметров фиксации (плотность в 2° (%), ВСЕА 99 % (град<sup>2</sup>)), светочувствительности сетчатки в фовеа (дБ) до и после лечения

**Fig. 5.** Correlation analysis of BCVA and fixation parameters (density 2° (%), ВСЕА 99 %<sup>02</sup>), retinal light sensitivity in fovea (dB) before and after treatment

централизации точки фиксации и повышении ее функциональных характеристик.

Зрительная реабилитация пациентов с помощью БОС — это терапевтический подход, который применялся при различных патологиях, характеризующихся ухудшением или потерей центрального зрения, снижением стабильности фиксации. Доказано, что применение БОС помогает пациентам последовательно учиться: оценивать функции организма с помощью системы, которая измеряет и преобразует эти данные в акустические и/или световые сигналы; изменять эти сигналы и, следовательно, функцию, связанную с ними; в дальнейшем управлять полученными навыка-

ми на практике, даже при отсутствии БОС [6]. В зарубежных исследованиях применение М-БОС при ВМД, наследственных дистрофиях, макулярных разрывах, глаукоме, миопической дегенерации продемонстрировало улучшение ОЗ вдаль и вблизи, скорости чтения, понимания прочитанного, субъективной оценки качества жизни. Показана стабилизация фиксационных движений, перемещение PRL или сочетание этих изменений. Повышалась функциональная способность сетчатки, даже при центральных скотомах [7–10]. Применялись различные инструменты М-БОС, временные интервалы и схемы лечения. E. Vingolo и соавт. (2013), F. Amore и соавт. (2013) сравнили эффективность

применения акустической и комбинации акустической и зрительной БОС у пациентов с ВМД [11, 12]. Показано улучшение характеристик фиксации и функции сетчатки во всех группах, однако при применении комбинированного подхода полученные результаты были достоверно лучше. Сообщалось, что звуковая БОС увеличивает модуляцию внимания, что позволяет мозгу лучше координировать фиксацию, а мерцающий паттерн может улучшить внутреннюю интеграцию сетчатки, вызывать синаптическую пластичность частично поврежденных структур и неповрежденных участков [22].

Результатом нашей работы стало увеличение МКОЗ у 88,9% (24 пациента); у 11,1% (3 пациента) параметры МКОЗ остались без изменений; ухудшения данных МКОЗ не было выявлено. В 2 случаях у пациентов с нецентральной фиксацией МКОЗ увеличилась более чем в 3 раза. Улучшились характеристики фиксации: увеличилась плотность фиксации в 2° на 20,4% со снижением ее амплитуды более чем в 2 раза. Стоит отметить значимую положительную корреляцию повышения МКОЗ и изменения параметров фиксации (ВСЕА 68, 95, 99% и плотности в 2° и 4°) в ходе лечения, что подтверждает выявленную ранее взаимосвязь этих данных. Достоверно повысилась также светочувствительность сетчатки в фовеальной области (на 10%). В 2 случаях у пациентов с неустойчивой центральной фиксацией отмечалось дальнейшее повышение параметров МКОЗ через месяц после курса лечения, что, очевидно, связано с дальнейшей разработкой тренируемого локуса сетчатки на фоне повышения устойчивости и централизации фиксации. У 3 (11,1%) пациентов с нецентральной фиксацией не отмечено повышения каких-либо функциональных характеристик после лечения, что, возможно, связано с сопутствующими органическими изменениями в вышестоящих отделах зрительного анализатора, не выявленными проведенными исследованиями. В нашей работе мы использовали комбинированный подход: сочетание акустической и зрительной М-БОС. На наш взгляд, восприятие акустической М-БОС увеличивает сознательное внимание пациентов, приводит к «глазодвигательной адаптации». Тем самым облегчается фиксация в ТRL, увеличивается время, в течение которого используется приоритетная функциональная область, т. е. фовеа, или область, максимально приближенная к ней. Зрительная М-БОС в виде шахматного паттерна с определенной частотой мельканий, помимо основной своей функции (обеспечение БОС), может производить световую стимуляцию центральных отделов сетчатки (TRL). Такой подход является основой традиционного плеоптического лечения и активизирует ретинокортикальные пути, которые, как известно, при амблиопии находятся в состоянии «торможения» [17].

Широко обсуждается надежность применения МП у пациентов детского возраста. Р. Jones и соавт. [23] в 2016 г. проводили диагностические тесты и пришли к выводу, что диагностика на МП является адекватной для пациентов с 9 лет, но обратили внимание на необходимость проведения нескольких тестирований во избежание диагностических ошибок и заниженных результатов. В наше исследование были включены только дети, способные выполнять тренировочные сессии на МП, в возрасте от 5 до 17 лет. Перед исследованием пациентам проводили подробный инструктаж и пробное предварительное тестирование для исключения эффекта обучения. Лечение проводилось на МР-3 Nidek (Япония), который полностью автоматизирован, имеет систему контроля отслеживания взгляда (Eye-Tracking). Эта система непрерывно регистрирует положение глаз относительно анатомического ориентира и корректирует расположение проекции стимула.

В литературе нам встретились единичные сообщения об использовании МП в терапевтических целях у детей, в том числе с глазодвигательной патологией. R. Caputo и соавт. [14] в 2020 г. провели лечение с помощью М-БОС у 12 пациентов в возрасте от 6 до 12 лет с идиопатическим нистагмом. В результате авторы указали на уменьшение площади ВСЕА в срок наблюдения до 6 мес, однако полученные улучшения не повлияли на МКОЗ. M. Daibert-Nido и соавт. [13] в 2021 г. использовали М-БОС для лечения 10 пациентов с нистагмом в возрасте  $9,0 \pm 3,2$  года. Результатом лечения стало улучшение ОЗ вдаль и вблизи, стабильности фиксации, скорости чтения, контрастной чувствительности и стереопсиса. Авторы отметили, что данный подход к лечению слабовидящих детей с нистагмом перспективен и значительно улучшает качество жизни пациентов. M. Daibert-Nido и соавт. [24] в 2021 г. также опубликовали клинический случай использования М-БОС у пациента 11 лет с нистагмом. Помимо улучшения функциональных результатов и субъективной оценки качества жизни, авторы сообщили о сохранности полученного эффекта в течение 12 мес. В нашей работе также не отмечено регресса достигнутого эффекта в срок наблюдения до 3 мес у всех участников исследования. Известно использование способа формирования центральной зрительной фиксации при амблиопии на аппаратах микропериметр «МР-1» при отклонении точки фиксации от фовеальной области до 6° и монобиноскоп «МБС-02» при отклонении точки фиксации более 6° [25]. Авторы сообщили, что в результате лечения зрительные характеристики у пациентов улучшились, однако в данном способе не был использован принцип комбинированной М-БОС, мотивирующий пациента к удержанию правильного направления взгляда, и не учитывались параметры светочувствительности сетчатки. L. Toto и соавт. [26] в 2013 г. провели зрительную реабилитацию у пациентки 7 лет с задним микрофтальмом, нистагмом и двусторонней амблиопией и получили весьма обнадеживающие результаты: повысилась ОЗ, светочувствительность, плотность и амплитуда фиксации, что дает возможность использовать данный метод лечения при таких грубых нарушениях зрительного анализатора, особенно у детей.

Ограничением нашего исследования является отсутствие группы контроля и относительно небольшое количество пациентов, отсутствие разделения пациентов по группам в зависимости от этиологии амблиопии.

Настоящее сообщение носит предварительный характер. Необходимы дальнейшие многоцентровые продольные исследования для изучения влияния БОС на изменение функциональных параметров при амблиопии, оценки стабильности эффекта и возможных осложнений, разработки дальнейших критериев назначения тренировочных сессий на МП. Наши результаты полностью согласуются с данными других исследований и подтверждают концепцию БОС, что позволяет использовать этот метод лечения в клинической практике у пациентов с амблиопией и нарушением фиксации разной степени тяжести.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан эффективный и безопасный способ централизации фиксации и повышения светочувствительности сетчатки в макулярной области у пациентов детского возраста с амблиопией различного генеза с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией с помощью М-БОС. Полученные результаты показали достоверное повышение МКОЗ, характеристик фиксации и светочувствительности сетчатки в центральной области, возможность улучшения

бинокулярного статуса и сохранность достигнутых результатов в срок наблюдения до 3 мес.

#### Дополнительный материал.

Видео. М-БОС с использованием звукового сигнала и мерцающего шахматного паттерна доступно по ссылке: <https://1drv.ms/v/s!AuJQq0PpT9bciRgknHxCAT7qAInD?e=w1W2xO>

#### Supplement Material

Video. M-biofeedback using a sound signal and a flickering chess pattern available at the link: <https://1drv.ms/v/s!AuJQq0PpT9bciRgknHxCAT7qAInD?e=w1W2xO>

#### Literature/References

1. Fu Z, Hong H, Su Z, et al. Global prevalence of amblyopia and disease burden projections through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Ophthalmol.* 2020 Aug; 104 (8): 1164–70. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314759>
2. González E.G., Wong A.M., Niechwiej-Szwedo E., Tarita-Nistor L., Steinbach M.J. Eye position stability in amblyopia and in normal binocular vision. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012 Aug 9; 53 (9): 5386–94. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-9941>
3. Fawcett S.L., Birch E.E. Risk factors for abnormal binocular vision after successful alignment of accommodative esotropia. *J. AAPOS.* 2003 Aug; 7 (4): 256–62. [https://doi.org/10.1016/S1091-8531\(03\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S1091-8531(03)00111-3)
4. Кошелев Д.И. Зрительные вызванные потенциалы и движения глаза при фиксации как средства объективного мониторинга зрительных функций у детей с нарушением центрального зрения. *Практическая медицина.* 2019; 17 (1): 127–33. [Koshelev D.I. Visual evoked potentials and eye movements during fixation as a means of objective monitoring of visual functions in children with central vision impairment. *Prakticheskaya meditsina.* 2019; 2: 22–4 (in Russian)].
5. Vingolo E.M., Salvatore S., Cavarretta S. Low-vision rehabilitation by means of MP-1 biofeedback examination in patients with different macular diseases: a pilot study. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2009; 34 (2): 127–33. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9083-4>
6. Altpeter E., Mackeben M., Trauzettel-Klosinski S. The importance of sustained attention for patients with maculopathies. *Vision Res.* 2000; 40 (10–12): 1539–47. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00059-6)
7. Scuderi G., Verboschi F., Domanico D., Spadea L. Fixation improvement through biofeedback rehabilitation in Stargardt Disease. *Case Reports in Medicine.* Vol. 2016: 4264829 (4) <https://doi.org/10.1155/2016/4264829>
8. Vingolo E.M., Salvatore S., Domanico D., Spadea L., Nebbioso M. Visual rehabilitation in patients with myopic maculopathy: our experience. *Can. J. Ophthalmol.* 2013; 48 (5): 438–42. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2013.08.004>
9. Ueda-Consolvo T., Otsuka M., Hayashi Y., Ishida M., Hayashi A. Microperimetric biofeedback training improved visual acuity after successful macular hole surgery. *J. Ophthalmol.* 2015; 2015: 572942. <https://doi.org/10.1155/2015/572942>
10. Verboschi F., Domanico D., Nebbioso M., et al. New trends in visual rehabilitation with MP-1 microperimeter biofeedback: optic neural dysfunction. *Funct. Neurol.* 2013; 28 (4): 285–91. <https://doi.org/10.11138/FNeur/2013.28.4.285>
11. Vingolo E.M., Salvatore S., Limoli P.G. MP-1 biofeedback: luminous pattern stimulus versus acoustic biofeedback in age related macular degeneration (AMD). *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2013 Mar; 38 (1): 11–6. <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9203-4>
12. Amore F.M., Paliotta S., Silvestri V., et al. Biofeedback stimulation in patients with age-related macular degeneration: comparison between 2 different methods. *Can. J. Ophthalmol.* 2013 Oct; 48 (5): 431–7. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2013.07.013>
13. Daibert-Nido M., Pyatova Y., Markowitz M., Taheri-Shirazi M., Markowitz S.N. Post audio-visual biofeedback training visual functions and quality of life in paediatric idiopathic infantile nystagmus: A pilot study. *Eur. J. Ophthalmol.* 2021; 26: 1120672121991048 <https://doi.org/10.1177/1120672121991048>
14. Caputo R., Febrini Del Magro E., Amoaku W.M., et al. The efficacy of biofeedback visual rehabilitation therapy in patients with infantile nystagmus syndrome: A retrospective study. *Eur. J. Ophthalmol.* 2020; 6: 1120672120940981. <https://doi.org/10.1177/1120672120940981>
15. Белостоцкий Е.М. Некоторые вопросы современного лечения содружественного косоглазия. *Вестник офтальмологии.* 1956; 3: 30–2. [Belostotsky E.M. Some issues of modern treatment of concomitant strabismus. *Vestnik oftal'mologii.* 1956; 3: 30–2 (in Russian)].
16. Fujii G.Y., de Juan E Jr., Sunness J., et al. Patient selection for macular translocation surgery using the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology.* 2002; 109 (9): 1737–44. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01120-x](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01120-x)
17. Аветисов Э.С. Дисбинокулярная амблиопия и ее лечение. Москва: Медицина, 1968. [Avetisov E.S. *Dysbinocular amblyopia and its treatment.* Moscow: Medicine; 1968 (in Russian)].
18. Тарутта Е.П., Хубиева П.П., Анаев А.В., Милаш С.В. Способ формирования центральной зрительной фиксации и повышения светочувствительности сетчатки у детей с амблиопией с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией. Патент РФ на изобретение № 2741696 от 18.05.2020. [Tarutta E.P., Khubieva P.P., Apaev A.V., Milash S.V. Method for forming central visual fixation and increasing retinal light sensitivity in children with amblyopia with unstable central and non-central fixation. Patent RU 2741696, 18.05.2020 (in Russian)]. [https://yandex.ru/patents/doc/RU2741696C1\\_20210128](https://yandex.ru/patents/doc/RU2741696C1_20210128)
19. Кащенко М.А., Кащенко Т.П., Магарамова М.Д., Педанова Е.К., Голяховский С.Е. Влияние плеоптического лечения на отклонение точки фиксации от центра макулярной зоны у детей с амблиопией различной степени при исследовании методом микропериметрии. *Российская детская офтальмология.* 2019; 2: 22–4. [Kashchenko M.A., Kashchenko T.P., Magaramova M.D., Pedanova E.K., Golyakhovsky S.E. Influence of pleoptic treatment on the deviation of the fixation point from the center of the macular zone in children with amblyopia of varying degrees when studied by microperimetry. *Rossiiskaya detskaya oftal'mologiya.* 2019; 2: 22–4 (in Russian)]. <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2019-2-22-24>
20. Shaikh A.G., Otero-Millan J., Kumar P., Ghasia F.F. Abnormal fixational eye movements in amblyopia. *PLoS One* 2016; 11 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149953>
21. Chen D., Otero-Millan J., Kumar P., Shaikh A.G., Ghasia F.F. Visual search in amblyopia: abnormal fixational eye movements and suboptimal sampling strategies. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2018; 59 (11): 4506–17. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-24794>
22. Sabel B.A., Henrich-Noack P., Fedorov A., Gall C. Vision restoration after brain and retina damage: the “residual vision activation theory”. *Prog. Brain Res.* 2011; 192: 199–262. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53355-5.00013-0>
23. Jones P.R., Yasoubi N., Nardini M., Rubin G.S. Feasibility of macular integrity assessment (MAIA) microperimetry in children: sensitivity, reliability, and fixation stability in healthy observers. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2016; 1; 57 (14): 6349–59. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-20037>
24. Daibert-Nido M., Pyatova Y., Markowitz M., Markowitz S.N. Visual outcomes of audio-luminous biofeedback training for a child with idiopathic nystagmus. *Arq. Bras. Oftalmol.* 2021; 3: S0004-27492021005001213 <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20210026>
25. Кащенко М.А., Кащенко Т.П., Педанова Е.К., Магарамова М.Д. Способ формирования центральной зрительной фиксации у детей и взрослых с амблиопией с нецентральной фиксацией. Патент РФ на изобретение № 2702158 от 13.03.2019. Бюлл. № 34. [Kashchenko M.A., Kashchenko T.P., Pedanova E.K., Magaramova M.D. Method for formation of central visual fixation in children and adults with amblyopia with non-central fixation. Patent RU 2702158, 13.03.2019. *Byul. № 34.* Accessed 30.03.2021 (in Russian)]. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41276584\\_54186684.PDF](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41276584_54186684.PDF)
26. Toto L., Di Antonio L., Mastropasqua A., De Nicola C., Mastropasqua L. Rehabilitation with MP1 biofeedback training of a posterior microphthalmos case. *Can. J. Ophthalmol.* 2013; 48 (5): 107–e111. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2013.02.006>

**Вклад авторов в работу:** Е.П. Тарутта — разработка концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; Р.Р. Хубиева — разработка концепции и дизайна исследования, сбор, статистическая обработка данных и их интерпретация, написание текста статьи; С.В. Милаш — разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи, финальная подготовка статьи к публикации; А.В. Апаев, Н.А. Аклаева, И.В. Зольникова — разработка концепции и дизайна исследования.

**Authors' contribution:** E.P. Tarutta — concept and design of the study, final preparation of the article for publication; R.R. Khubieva — concept and design of the study, data collection, processing and interpretation, writing of the article; S.V. Milash — concept and design of the study, writing and final preparation of the article for publication; A.V. Apaev, N.A. Aklaeva, I.V. Zolnikova — concept and design of the study.

*Поступила: 13.04.2021. Переработана: 21.04.2021. Принята к печати: 28.04.2021*  
*Originally received: 13.04.2021. Final revision: 21.04.2021. Accepted: 28.04.2021*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия*

**Елена Петровна Тарутта** — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

**Регина Расуловна Хубиева** — аспирантка отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

**Сергей Викторович Милаш** — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

**Александр Вячеславович Апаев** — научный сотрудник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

**Наиля Анваровна Аклаева** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

**Инна Владимировна Зольникова** — д-р мед. наук, старший научный сотрудник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова

**Для контактов:** Регина Расуловна Хубиева,  
reginahubieva@mail.ru

*Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia*

**Elena P. Tarutta** — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

**Regina R. Khubieva** — PhD, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

**Sergey V. Milash** — Cand. of Med. Sci., researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

**Alexander V. Apaev** — researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

**Nailya A. Aklaeva** — Cand. of Med. Sci., senior researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

**Inna V. Zolnikova** — Dr. of Med. Sci., senior researcher, department of clinical physiology of vision named after S.V. Kravkov

**Contact information:** Regina R. Khubieva,  
reginahubieva@mail.ru