



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-41-47>

Отдаленные результаты лечения амблиопии у детей с нарушенным механизмом фиксации с помощью биологической обратной связи

Е.П. Тарутта, Р.Р. Стальмахова[✉], С.В. Милаш, А.В. Апаев

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

Цель работы — оценить отдаленные (1 год) результаты нового метода лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией с помощью микропериметрической биологической обратной связи (М-БОС), а также разработать протокол динамического наблюдения пациентов после лечения и четкие критерии назначения повторных лечебных курсов с помощью М-БОС. **Материал и методы.** Тренировочные сессии на микропериметре (МП) МР-3 Nidek (Япония) выполнял 21 пациент (21 глаз) в возрасте от 5 до 15 лет (в среднем $8,28 \pm 3,08$ года). Лечение на МП с помощью зрительной (мерцающий шахматный паттерн) и звуковой (звуковой сигнал) БОС включало 10–15 сеансов по 10–12 мин. Пациентов обследовали до лечения, сразу после него, а также через 1, 3, 6 и 12 мес после его окончания. Динамическое наблюдение и назначение повторных курсов лечения проводилось в соответствии с разработанным протоколом. **Результаты.** После 1-го курса лечения выявлено достоверное повышение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) у 90,4 % пациентов, а также улучшение всех параметров фиксации: достоверное увеличение плотности в 2° и 4°, уменьшение амплитуды на $\approx 50\%$; тенденция к повышению функциональных показателей сетчатки в макулярной области. Тринадцать пациентов (1 пациент с центральной фиксацией и 12 пациентов с нецентральной фиксацией) в течение динамического наблюдения проходили дополнительные курсы М-БОС в соответствии с разработанным протоколом. У 4 пациентов с нецентральной фиксацией, в основном периферической, несмотря на улучшение фиксационных параметров, не отмечено дополнительной положительной динамики остроты зрения после повторного курса М-БОС. У 8 пациентов после повторного курса лечения амблиопии с помощью М-БОС отмечена положительная динамика, а именно, повышение плотности и снижение амплитуды фиксации, повышение МКОЗ. **Заключение.** Показана эффективность и безопасность ранее разработанного метода лечения амблиопии с нарушенным механизмом фиксации с помощью М-БОС. Разработан протокол динамического наблюдения пациентов с амблиопией после biofeedback-терапии и четкие критерии назначения дополнительных курсов тренировочных сессий.

Ключевые слова: лечение; амблиопия; микропериметрия; фиксация; биологическая обратная связь; динамическое наблюдение; повторные курсы

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Тарутта Е.П., Стальмахова Р.Р., Милаш С.В., Апаев А.В. Отдаленные результаты лечения амблиопии у детей с нарушенным механизмом фиксации с помощью биологической обратной связи. Российский офтальмологический журнал. 2024; 17 (4): 41–7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-41-47>

Long-term results of treatment of amblyopia in children with impaired fixation mechanism using biofeedback

Elena P. Tarutta, Regina R. Stalmakhova✉, Sergey V. Milash, Alexandr V. Apaev

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

Purpose: to evaluate the long-term results (1 year) of a new method of treating amblyopia in children with unstable central and eccentric fixation using microperimetric biofeedback, as well as to develop a protocol for patients monitoring after treatment and clear criteria for prescribing repeated courses of treatment using microperimetric biofeedback. **Material and methods.** The study included 21 patients (21 eyes) aged from 5 to 15 years (ave 8.28 ± 3.08) who were able to perform training sessions on the MP-3 microperimeter (MP, Nidek, Japan). Treatment was carried out on the MP using visual (flickering checkerboard pattern) and sound (sound signal) biofeedback: 10–15 sessions, 10–12 minutes each. All patients were examined before treatment, immediately and 1, 3, 6 and 12 months after the treatment. Dynamic observation of patients and prescription of repeated courses of treatment were carried out in accordance with the developed protocol. **Results.** After 1 course of treatment, a significant increase in best-corrected visual acuity (BCVA) was detected in 90.4 % of patients, as well as an improvement in all fixation parameters: a significant increase in density by 2° and 4° , a decrease in amplitude by $\approx 50\%$; a tendency to increase the functional parameters of the retina in the macular area. During follow-up (1 year), 13 patients (1 patient with central fixation and 12 patients with eccentric fixation) underwent additional courses of biofeedback therapy in accordance with the developed protocol. In 4 patients with eccentric fixation, mainly peripheral, despite improvement in fixation parameters, no additional positive dynamics in visual acuity were noted after a repeated course of biofeedback therapy. In 8 patients, after a repeated course of treatment of amblyopia using biofeedback therapy, positive dynamics were noted, namely: an increase in density and a decrease in the amplitude of fixation, and an increase in BCVA. **Conclusion.** The effectiveness and safety of a previously developed method of treating amblyopia with impaired fixation mechanism using biofeedback therapy has been demonstrated. A protocol for dynamic monitoring of patients with amblyopia after biofeedback therapy and criteria for prescribing additional courses of training sessions have been developed.

Keywords: treatment; amblyopia; microperimetry; fixation; biofeedback; repeated courses

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., Stalmakhova R.R., Milash S.V., Apaev A.V. Long-term results of treatment of amblyopia in children with impaired fixation mechanism using biofeedback. Russian ophthalmological journal. 2024; 17 (4):41-7 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2024-17-4-41-47>

Амблиопия является наиболее распространенной причиной монокулярной потери остроты зрения у детей, ее распространенность, по данным разных исследований, варьирует от 0,05 % до 7,54 % [1–5]. Однако эти подсчеты проводились в разных странах и регионах, включали различные возрастные когорты, следовательно, полученные результаты следует считать достаточно фрагментированными. Метаанализ 73 исследований, опубликованный в 2018 г., показал, что мировая распространенность амблиопии составляет 1,75 %, варьируя от 0,51 % в Африке до 3,67 % в Европе [6]. Согласно систематическому обзору Z. Fu и соавт. [7], в 2019 г. в мире насчитывалось 99,2 млн человек с амблиопией, и эти цифры будут расти в геометрической прогрессии в ближайшие 20 лет. Эти данные бросают вызов научному сообществу и требуют разработки новых методов диагностики, лечения и профилактики этого заболевания.

Почему же, несмотря на все проводимые диагностические и профилактические мероприятия, давно устоявшуюся систему плеоптического лечения, детей с амблиопией не только не становится меньше, а их численность постоянно возрастает? А. Kadhun и соавт. [8] в 2021 г. опубликовали результаты своей работы, где обследовали основные функциональные характеристики органа зрения у пациентов

с амблиопией через 5 лет после проведенного им лечения. Авторы пришли к заключению, что отдаленные результаты окклюзионной терапии были достаточно хорошими. Но именно высокая степень анизотропии и эксцентрическая фиксация были связаны с отсутствием должного эффекта от плеоптического лечения и со снижением остроты зрения в долгосрочном периоде. Действительно, несмотря на большой арсенал методов лечения амблиопии, сочетание этого заболевания с нарушением механизма фиксации является большой проблемой для клиницистов до сих пор.

Так как ранее было доказано, что снижение стабильности и плотности фиксации при амблиопии взаимосвязано со снижением остроты зрения, нами был разработан новый метод лечения амблиопии у детей с неустойчивой центральной и нецентральной фиксацией путем централизации зрительной фиксации и повышения светочувствительности сетчатки в макулярной области с помощью микропериметрической биологической обратной связи (М-БОС) [9–11]. Предварительные результаты показали повышение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) на 33,9 %, светочувствительности сетчатки в фовеа — на 10 %, плотности фиксации в центральной области — на 20,4 % со снижением ее амплитуды более чем

в 2 раза [10]. Учитывая, что динамика изменений фиксации является первичной по отношению к изменениям остроты зрения и может служить прогностическим признаком дальнейшего ухудшения этого функционального параметра, мы разработали протокол динамического наблюдения пациентов после лечения и четкие критерии назначения повторных курсов biofeedback-терапии для пациентов с амблиопией [12].

В связи с этим мы сочли необходимым оценить перспективу предложенного нового метода лечения амблиопии, его безопасность и эффективность в долгосрочной перспективе и сохранность полученных результатов в срок наблюдения 1 год.

ЦЕЛЬЮ работы явилась оценка отдаленных (1 год) функциональных результатов 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 М-БОС, а также разработка протокола динамического наблюдения пациентов после лечения и четких критериев назначения повторных курсов лечения с помощью М-БОС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование был включен 21 пациент (21 глаз) в возрасте от 5 до 15 лет (в среднем, $8,28 \pm 3,08$ года), среди них 10 девочек и 11 мальчиков, с амблиопией различного генеза: дисбинокулярной (13 пациентов), рефракционной (3 пациента), анизетропической (5 пациентов). МКОЗ составила в среднем $0,28 \pm 0,18$ (от 0,02 и до 0,6); сферический эквивалент рефракции (СЭР) в среднем $2,19 \pm 3,25$ дптр (от $-1,5$ до $+7,75$ дптр).

Все пациенты прошли курс лечения амблиопии с нарушенным механизмом фиксации с помощью зрительной и акустической М-БОС на микропериметре MP-3 Nidek (Япония). Для включения пациентов в протокол лечения, кроме стандартных методов обследования, проводили оценку бинокулярного статуса, макулярную электроретинографию (М-ЭРГ), оптическую когерентную томографию (ОКТ) с целью исключения структурных нарушений зрительного анализатора и подтверждения диагноза «амблиопия». С подробным протоколом лечения, диагностическими мероприятиями, критериями включения/невключения пациентов можно ознакомиться в работах [9, 10].

Микропериметрическое тестирование в период наблюдения проводили через 1, 3, 6 и 12 мес на MP-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 окклюдором), без циклоплегии. Перед исследованием пациенты проходили подробный инструктаж и пробное предварительное тестирование для исключения эффекта обучения. Измерение светочувствительности сетчатки проводили в специально выбранных 17 точках: в центре фовеа и 16 точках по окружности на расстоянии 2° и 4° от центра фовеа. Определяли светочувствительность сетчатки непосредственно в фовеа; среднюю светочувствительность по окружности на расстоянии 2° и 4° от фовеа; максимальную и минимальную светочувствительность во всей исследуемой области (дБ). Средняя светочувствительность сетчатки определялась в 2° и 4° как среднее пороговое значение (дБ) для всей области тестирования. Использовали стимул Goldmann III длительностью 200 мс и пороговую стратегию 4–2 (fast). Динамический диапазон стимула был установлен на уровне 34 дБ.

При исследовании фиксации в качестве мишени использовали один красный крест размером 2° . Пациента просили фиксировать взгляд на его центре в течение 30 с. Во время исследования автоматически определяли предпочтительный локус сетчатки (PRL), который отображался в конце исследования в виде красного креста на изображении глазного дна. Стабильность фиксации оценивали количественно путем измерения площади эллипсов двумерного контура (Ellipse), которые охватывают 68, 95 и 99 % точек фиксации. Меньшая площадь Ellipse указывает на более стабильную фиксацию. Плотность фиксации оценивали в областях 2° и 4° по классификации G. Fujii и соавт. [13]. Центральную фиксацию определяли как неустойчивую, если менее 75 % точек фиксации попадали в область 2° ; фиксацию считали нецентральной, если несовпадение точки фиксации с центром фовеа составляло более 2° .

Динамическое наблюдение пациентов и назначение повторных курсов лечения проводилось в соответствии с разработанным протоколом [12]. Через 1 мес после первого курса лечения с помощью микропериметрии проводили оценку стабильности фиксации путем измерения площади эллипса, который охватывает 99 % позиций фиксации (Ellipse 99 %), плотности фиксации в кольце 2° и величины девиации сформированного предпочтительного локуса фиксации при нецентральной фиксации. Повторный курс лечения проводили, если параметр Ellipse 99 % увеличился более чем на 15 %, параметр плотности фиксации в кольце 2° снизился более чем на 10 %, при девиации сформированного предпочтительного локуса фиксации более чем 2° при нецентральной фиксации.

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

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

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ни у одного пациента не было выявлено электрофункциональных и структурных нарушений зрительного анализатора до лечения, что подтвердило диагноз «амблиопия» и позволило включить их в наше исследование.

МКОЗ до лечения составила в среднем $0,28 \pm 0,18$ (от 0,02 и до 0,6); СЭР в среднем $2,19 \pm 3,25$ дптр (от $-1,5$ до $+7,75$ дптр). После проведенного лечения МКОЗ увеличилась у 19 (90,4 %) пациентов, у 2 (9,5 %) пациентов МКОЗ осталась без изменений, ухудшения МКОЗ не выявлено. МКОЗ достоверно увеличилась ($p < 0,05$) в среднем на $0,17 \pm 0,18$ (37,7 %: с $0,28 \pm 0,18$ до лечения до $0,45 \pm 0,22$ после него); у 5 пациентов с нецентральной фиксацией МКОЗ увеличилась более чем в 2 раза.

Подробные характеристики фиксации до и после лечения представлены в таблице 1. Плотность фиксации в 2° в среднем увеличилась на $16,3 \pm 29,0$ % (на 23,8 %: с $52,1 \pm 31,4$ % до лечения до $68,4 \pm 33,4$ % после него), разница достигла статистической значимости ($p < 0,05$); плотность фиксации в 4° в среднем на $10,5 \pm 24,8$ % (на 12,1 %: с $75,7 \pm 28,5$ % до лечения до $86,2 \pm 21,4$ % после него), разница достигла статистической значимости ($p < 0,05$); амплитуда Ellipse 68 % уменьшилась в среднем на $3,1^{+2} \pm 5,8$;

Ellipse 95 % в среднем на $7,2^{+2} \pm 7,5$; Ellipse 99 % в среднем на $13,5^{+2} \pm 38,9$, то есть на 54,3, 46,4 и 45,4 % от исходных значений (достоверно для всех показателей, $p < 0,05$).

Подробные параметры светочувствительности сетчатки в макулярной области до и после лечения представлены в таблице 2. Параметры минимальной светочувствительности сетчатки увеличились в среднем на $1,6 \pm 4,2$ дБ (6,4 %: с $23,1 \pm 4,7$ дБ до лечения до $24,7 \pm 5,8$ дБ после него); максимальная светочувствительность сетчатки в среднем на $1,3 \pm 2,2$ дБ (3,9 %: с $31,4 \pm 2,8$ до $32,7 \pm 2,0$ дБ); параметры светочувствительности сетчатки в фoveальной области увеличились в среднем на $2,3 \pm 3,4$ дБ (7,8 %: с $26,9 \pm 3,8$

до $29,2 \pm 4,0$ дБ); светочувствительность сетчатки по окружности на расстоянии 2° от фoveа увеличилась в среднем на $2,5 \pm 3,8$ дБ (8,4 %: с $27,1 \pm 4,8$ до $29,6 \pm 3,6$ дБ); светочувствительность сетчатки по окружности на расстоянии 4° от фoveа в среднем на $1,4 \pm 3,6$ дБ (4,8 %: с $27,6 \pm 3,7$ до $29,0 \pm 3,7$ дБ). Все изменения параметров светочувствительности сетчатки до и после лечения не достигли статистической значимости ($p > 0,05$).

Подробные характеристики фиксации в период наблюдения (до 1 года) представлены в таблице 1. Отмечена как стабильность повышения всех фиксационных параметров и МКОЗ, так и тенденция к их дальнейшему повышению.

Таблица 1. Параметры зрительной фиксации при амблиопии различного генеза до и после лечения, через 1, 3, 6, 12 мес
Table 1. Visual fixation parameters for amblyopia of various origins before and 1, 3, 6, 12 months after treatment

Период наблюдения Examination period	Количество глаз Number of eyes	МКОЗ BCVA	Фиксация 2°, % Fixation 2°, %	Фиксация 4°, % Fixation 4°, %	Ellipse 68 %, °2	Ellipse 95 %, °2	Ellipse 99 %, °2
До лечения Before treatment	21	$0,28 \pm 0,18$	$52,1 \pm 31,4$	$75,7 \pm 28,5$	$8,8 \pm 10,7$	$22,7 \pm 28,5$	$43,2 \pm 54,6$
После лечения After treatment	21	$0,45 \pm 0,22^*$	$68,4 \pm 33,4^*$	$86,2 \pm 21,4^*$	$5,7 \pm 8,6^*$	$15,5 \pm 23,2^*$	$29,7 \pm 44,4^*$
1 мес после лечения 1 month after treatment	21	$0,49 \pm 0,25^*$	$72,9 \pm 28,5^*$	$89,0 \pm 16,6^*$	$4,6 \pm 6,9^*$	$2,5 \pm 18,7^*$	$24,0 \pm 35,9^*$
3 мес после лечения 3 months after treatment	21	$0,53 \pm 0,26^*$	$74,6 \pm 31,1^*$	$91,1 \pm 15,9^*$	$3,3 \pm 4,7^*$	$8,9 \pm 12,8^*$	$17,0 \pm 24,6^*$
6 мес после лечения 6 months after treatment	21	$0,58 \pm 0,26^*$	$75,5 \pm 28,6^*$	$91,1 \pm 15,8^*$	$3,3 \pm 4,7^*$	$9,0 \pm 12,8^*$	$17,3 \pm 24,6^*$
12 мес после лечения 12 months after treatment	21	$0,58 \pm 0,27^*$	$77,2 \pm 28,9^*$	$91,1 \pm 16,3^*$	$3,3 \pm 4,7^*$	$8,9 \pm 12,8^*$	$17,2 \pm 24,5^*$

Примечание. * — достоверное повышение параметров остроты зрения, плотности фиксации и снижения амплитуды фиксации по сравнению с данными до лечения ($p < 0,05$).
Note. * — significant increase of visual acuity, fixation density and reduction in fixation amplitude as compared to the data before treatment ($p < 0.05$).

Таблица 2. Параметры светочувствительности сетчатки в макулярной области при амблиопии различного генеза до и через 1, 3, 6, 12 мес после лечения
Table 2. Parameters of retinal sensitivity in the macular area for amblyopia of various origins before and 1, 3, 6, 12 months after treatment

Период наблюдения Examination period	Количество глаз Number of eyes	МКОЗ BCVA	Светочувствительность минимальная, дБ Sensitivity minimum, dB	Светочувствительность максимальная, дБ Sensitivity maximum, dB	Светочувствительность 0° , дБ Sensitivity 0° , dB	Светочувствительность 2° , дБ Sensitivity 2° , dB	Светочувствительность 4° , дБ Sensitivity 4° , dB
До лечения Before treatment	21	$0,28 \pm 0,18$	$23,1 \pm 4,7$	$31,4 \pm 2,8$	$26,9 \pm 3,8$	$27,1 \pm 4,8$	$27,6 \pm 3,7$
После лечения After treatment)	21	$0,45 \pm 0,22^*$	$24,7 \pm 5,8$	$32,7 \pm 2,0$	$29,2 \pm 4,0$	$29,6 \pm 3,6$	$29,0 \pm 3,7$
1 мес после лечения 1 month after treatment	21	$0,49 \pm 0,25^*$	$26,0 \pm 5,5$	$32,4 \pm 2,8$	$29,0 \pm 3,7$	$28,6 \pm 5,1$	$29,2 \pm 4,3$
3 мес после лечения 3 months after treatment	21	$0,53 \pm 0,26^*$	$26,3 \pm 4,8^*$	$32,4 \pm 3,1$	$29,8 \pm 5,2^*$	$29,9 \pm 4,5^*$	$29,8 \pm 3,7$
6 мес после лечения 6 months after treatment	21	$0,58 \pm 0,26^*$	$25,0 \pm 4,9$	$31,8 \pm 3,2$	$28,7 \pm 4,9$	$28,6 \pm 4,4$	$29,0 \pm 3,3$
12 мес после лечения 12 months after treatment	21	$0,58 \pm 0,27^*$	$25,5 \pm 4,9$	$31,8 \pm 3,1$	$29,9 \pm 3,9^*$	$29,7 \pm 3,2^*$	$29,2 \pm 3,5$

Примечание. * — достоверное повышение параметров остроты зрения и светочувствительности сетчатки в центральной области по сравнению с данными до лечения ($p < 0,05$).
Note. * — significant increase in parameters BCVA and sensitivity of the retina in the central region as compared to the data before treatment ($p < 0.05$).

Тринадцать пациентов (1 пациент с центральной фиксацией и 12 пациентов с нецентральной фиксацией) в течение динамического наблюдения (1 год) проходили дополнительные курсы biofeedback-терапии в соответствии с разработанным протоколом, основанным на комплексном анализе динамики фиксационных параметров (рис. 1) [12]. У одного пациента с центральной неустойчивой фиксацией после первого курса лечения не было повышения МКОЗ,

однако после повторного курса острота зрения поднялась с 0,5 до 0,7. У 4 пациентов с нецентральной фиксацией, в основном периферической, несмотря на улучшение фиксационных параметров, не отмечено дополнительной положительной динамики остроты зрения после повторного курса М-БОС (рис. 2). У 8 пациентов после повторного курса лечения амблиопии с помощью М-БОС отмечена положительная динамика, а именно, повышение плотности и

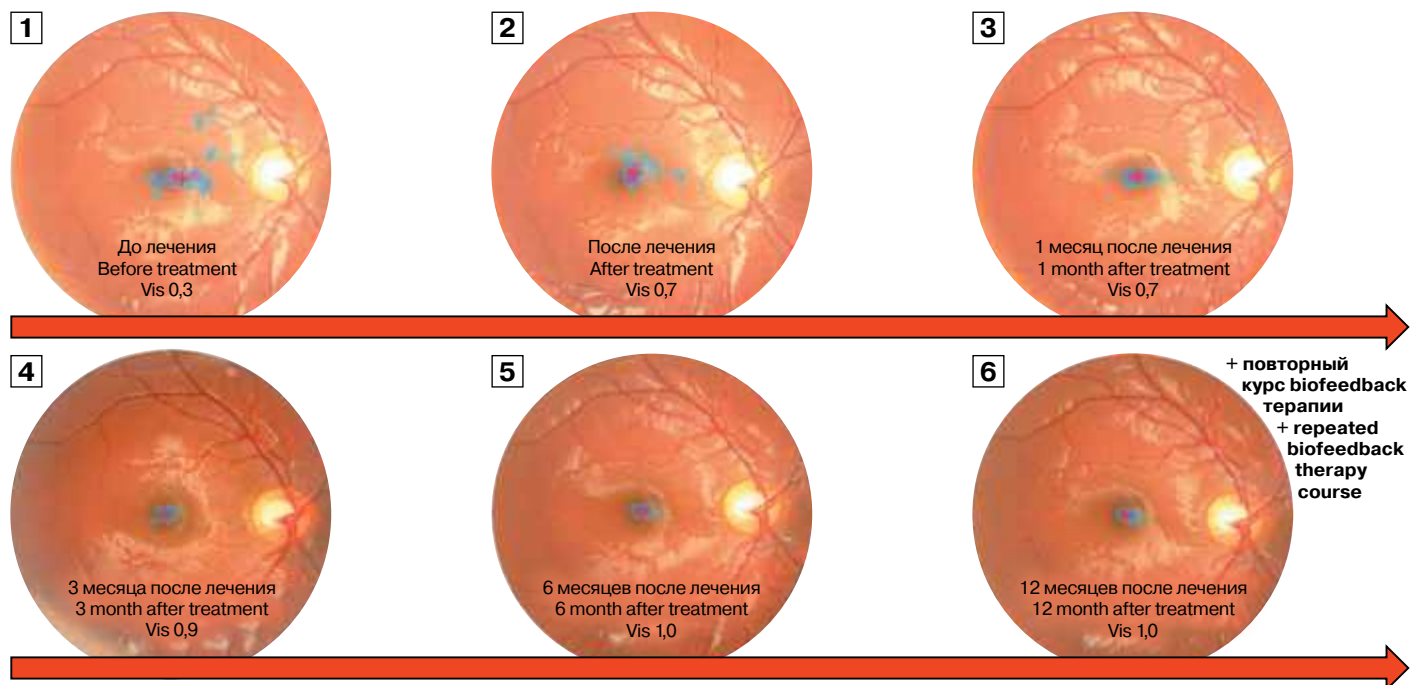


Рис. 1. Клинический пример применения микропериметрической биологической обратной связи (М-БОС) у пациента с дисбинокулярной амблиопией. Динамическое наблюдение до 12 мес

Fig. 1. Clinical case of microperimetric biofeedback therapy in a patient with dysbinocular amblyopia. Follow-up during 12 months

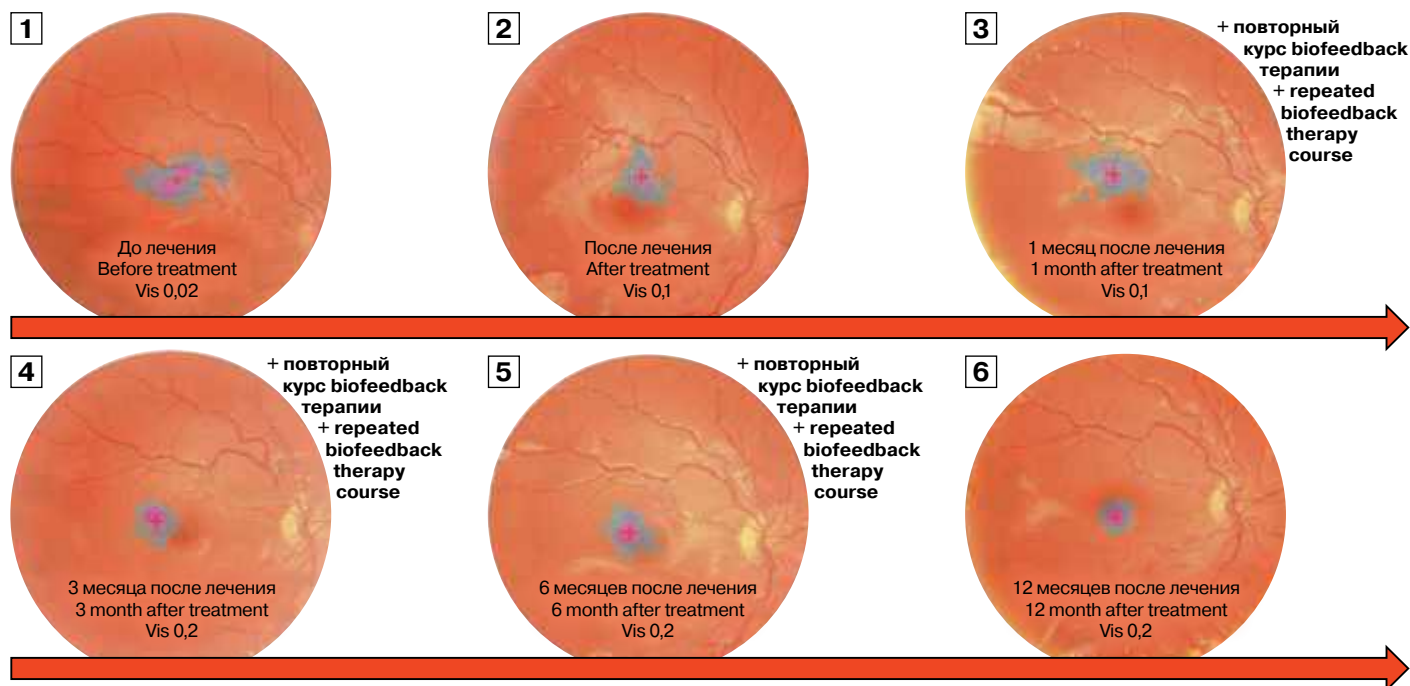


Рис. 2. Клинический пример применения микропериметрической биологической обратной связи (М-БОС) у пациента с периферической фиксацией. Динамическое наблюдение до 12 мес

Fig. 2. Clinical case of microperimetric biofeedback therapy in a patient with peripheral fixation. Follow-up during 12 months

снижение амплитуды фиксации, повышение МКОЗ. Полученные результаты подтверждают концепцию необходимости динамического контроля зрительных функций у этих пациентов и проведения дополнительных курсов (через каждые 3–4 мес) для достижения лучшего и стойкого результата.

Подробные параметры светочувствительности сетчатки в макулярной области в период наблюдения (до 1 года) представлены в таблице 2. Отмечена стабильность функциональных показателей сетчатки. Стоит отметить, что выявлено достоверное повышение ($p < 0,05$) минимальной светочувствительности сетчатки в период наблюдения (3 мес) по сравнению с исходными данными в среднем на $3,2 \pm 4,5$ дБ (12,1 %: с $23,1 \pm 4,7$ дБ до лечения до $26,3 \pm 4,8$ дБ через 3 мес после него), светочувствительности сетчатки в фовеа (3 мес) по сравнению с исходными данными в среднем на $2,9 \pm 4,3$ дБ (9,9 %: с $26,9 \pm 3,8$ до $29,8 \pm 5,2$ дБ), светочувствительности сетчатки в 2° (3 мес) по сравнению с исходными данными в среднем на $2,8 \pm 4,4$ дБ (10,3 %: с $27,1 \pm 4,8$ до $29,9 \pm 4,5$ дБ).

ОБСУЖДЕНИЕ

Термин «нейропластичность» относится к изменениям функциональной и анатомической организации мозга в результате какого-либо опыта. Каждая задача, выполняемая нервной системой, от простого сенсорного восприятия и двигательных реакций на этот стимул до высокоразвитых когнитивных функций, таких как обучение и память, требует взаимодействия миллиардов нейронов. Хотя клеточные и молекулярные основы, регулирующие развитие пластичности зрительной системы, недостаточно изучены, методы реабилитации, которые ее используют, применяются достаточно давно. Зрительная реабилитация пациентов с помощью микропериметрической БОС — это терапевтический подход, основой которого является как раз нейропластичность зрительной системы и, как следствие, возможность нейросенсорной и глазодвигательной адаптации пациентов с различной патологией [14].

Ранее нами был разработан 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. Результаты его использования показали достоверное повышение параметров МКОЗ, характеристик фиксации и светочувствительности сетчатки в центральной области, возможность улучшения бинокулярного статуса и сохранность полученных результатов в срок наблюдения до 3 мес [9, 10]. Зарубежные авторы в 2021 г. опубликовали систематический обзор применения biofeedback-терапии у пациентов с поражением макулы различной этиологии [15]. В этот обзор были включены 25 статей и 18 рецензируемых тезисов конференций. Обнаружена слишком высокая вариабельность количества занятий и продолжительности тренировок, высказаны пожелания по формированию четких научно обоснованных рекомендаций по проведению этой лечебной процедуры. В связи с этим следующей важной задачей для нас стала оценка долгосрочной эффективности новой методики лечения амблиопии с применением М-БОС, разработка четкого протокола динамического наблюдения пациентов и критериев назначения дополнительных тренировочных курсов.

Включенные в исследование пациенты с амблиопией и нарушенным механизмом фиксации различного генеза прошли курс лечения с помощью зрительной и акустической микропериметрической биологической обратной

связи на МР-3 Nidek (Япония). После 1-го курса лечения выявлено достоверное улучшение МКОЗ у 90,4 % пациентов и всех параметров фиксации: достоверное увеличение плотности в 2° и 4° , уменьшение амплитуды на ≈ 50 %; отмечена тенденция к повышению функциональных показателей сетчатки в макулярной области.

Далее проводилось динамическое наблюдение за пациентами в течение 1 года (1, 3, 6 и 12 мес). Дополнительные курсы biofeedback-терапии назначались в соответствии с разработанным протоколом, основанным на комплексном анализе динамики фиксационных параметров в период наблюдения, а именно: через 1 мес после первого курса лечения с помощью микропериметрии проводили оценку стабильности фиксации путем измерения площади эллипса, который охватывает 99 % позиций фиксации (Ellipse 99 %), плотности фиксации в кольце 2° и величины девиации сформированного предпочтительного локуса фиксации при нецентральной фиксации. Повторный курс лечения назначали, если параметр Ellipse 99 % увеличился более чем на 15 %, параметр плотности фиксации в кольце 2° снизился более чем на 10 %, выявлялась девиация сформированного предпочтительного локуса фиксации более чем на 2° при нецентральной фиксации [12].

Практически у всех пациентов с центральной неустойчивой фиксацией (87,5 %) удалось получить центральную устойчивую фиксацию и повышение МКОЗ после первого курса лечения. Этот результат сохранялся в период динамического наблюдения, и, соответственно, отсутствовала необходимость проведения дополнительных курсов. У единственного пациента с центральной неустойчивой фиксацией после одного курса лечения не было повышения МКОЗ, однако после повторного курса острота зрения у него поднялась с 0,5 до 0,7. На наш взгляд, такие результаты возможны у пациентов младшей возрастной группы (5 лет), поскольку в этих случаях необходимо достичь полной коммуникации ребенка с врачом и понимания сути тренировочных занятий. Все пациенты получали далее стандартную плеоптику по месту жительства (прямая окклюзия, функциональное аппаратное лечение в зависимости от генеза амблиопии).

Что касается пациентов с изначальной нецентральной точкой фиксации, результаты показали, что требуется более длительное воздействие, проведение дополнительных курсов каждые 3–4 мес, что соответствует принятым временным интервалам традиционного плеоптического лечения. У 8 пациентов после повторного курса лечения амблиопии с помощью М-БОС отмечена положительная динамика, а именно: повышение плотности и снижение амплитуды фиксации, повышение главного функционального параметра — МКОЗ. У 4 пациентов с нецентральной фиксацией, в основном периферической, несмотря на улучшение фиксационных параметров, не было дополнительной положительной динамики остроты зрения после проведения нескольких повторных курсов М-БОС. Такой результат может быть связан с формированием уже необратимых изменений в центральном отделе зрительного анализатора, достижением определенного потолка по функциональным параметрам.

Полученные результаты говорят о необходимости первичного полноценного диагностического обследования пациентов с амблиопией, в том числе выявления неустойчивости механизма фиксации. Комплексное воздействие на все звенья патогенеза — «растормаживание» ретинокортикальных путей и одновременная коррекция фиксации — дает нам возможность задействовать всю физиологическую основу приема и анализа поступающей

в мозг зрительной информации и получать хороший функциональный результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан 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, и показана его эффективность и безопасность (клиническое наблюдение в течение 1 года). Разработан протокол динамического наблюдения пациентов с амблиопией после biofeedback-терапии и четкие критерии назначения дополнительных курсов тренировочных сессий.

Литература/References

1. Faghihi M, Ostadimoghaddam H, Yekta AA. Amblyopia and strabismus in Iranian schoolchildren, Mashhad. *Strabismus*. 2011 Dec; 19(4): 147–52. <https://doi.org/10.3109/09273972.2011.622341>
2. Eibschitz-Tsimhoni M, Friedman T, Naor J, Eibschitz N, Friedman Z. Early screening for amblyogenic risk factors lowers the prevalence and severity of amblyopia. *J AAPOS*. 2000 Aug; 4 (4): 194–9. <https://doi.org/10.1067/mpa.2000.105274>
3. Dikova SP, Dragoev SA, Chernodirinska VS. Prevalence of amblyopia in Bulgaria. *Strabismus*. 2018 Dec; 26 (4): 163–7. <https://doi.org/10.1080/09273972.2018.1530266>
4. Donnelly UM, Stewart NM, Hollinger M. Prevalence and outcomes of childhood visual disorders. *Ophthalmic Epidemiol*. 2005 Aug; 12 (4): 243–50. <https://doi.org/10.1080/09286580590967772>
5. Chia A, Lin X, Dirani M, et al. Risk factors for strabismus and amblyopia in young Singapore Chinese children. *Ophthalmic Epidemiol*. 2013 Jun; 20 (3): 138–47. <https://doi.org/10.3109/09286586.2013.767354>
6. Hashemi H, Pakzad R, Yekta A, et al. Global and regional estimates of prevalence of amblyopia: A systematic review and meta-analysis. *Strabismus*. 2018 Dec; 26 (4): 168–83. <https://doi.org/10.1080/09273972.2018.1500618>
7. 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>
8. Kadhum A, Simonsz-Tóth B, van Rosmalen J, et al. Long-term follow-up of an amblyopia treatment study: change in visual acuity 15 years after occlusion therapy. *Acta Ophthalmol*. 2021 Feb; 99 (1): e36–e42. <https://doi.org/10.1111/aos.14499>

9. Тарутта Е.П., Хубиева Р.Р., Апаев 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 R.R., Apaev A.V., Milash S.V. A method for forming central visual fixation and increasing retinal light sensitivity in children with amblyopia with unstable central and non-central fixation. Patent RF #2741696/18.05.2020 (In Russ.)]. https://yandex.ru/patents/doc/RU2741696C1_20210128
10. Тарутта Е.П., Хубиева Р.Р., Милаш С.В. и др. 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. [Tarutta E.P., Khubieva R.R., Milash S.V., et al. 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 Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-109-119>
11. Тарутта Е.П., Хубиева Р.Р., Апаев А.В., Милаш С.В., Маркосян Г.А. Взаимосвязь параметров зрительной фиксации, светочувствительности сетчатки и остроты зрения при различных видах амблиопии. *Вестник офтальмологии*. 2021; 137 (3): 32–8. [Tarutta E.P., Khubieva R.R., Apaev A.V., Milash S.V., Markosyan G.A. Correlations between visual fixation parameters, photosensitivity of the retina and visual acuity in various types of amblyopia. *Vestnik oftal'mologii*. 2021; 137 (3): 32–8 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113703132>
12. Тарутта Е.П., Стальмахова Р.Р. Способ определения показаний к повторному курсу формирования центральной фиксации, светочувствительности и повышения светочувствительности сетчатки у детей с амблиопией с неустойчивой центральной фиксацией и нецентральной фиксацией. Патент РФ на изобретение № 2023102814 от 08.02.2023. [Tarutta E.P., Stalmakhova R.R.. A method for determining indications for a repeated course of forming central visual fixation and increasing the photosensitivity of the retina in children with amblyopia with unstable central fixation and non-central fixation. Patent RF #2023102814/08.02.2023 (In Russ.)].
13. Fujii GY, 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)
14. Tirado M, Oslay M, Hernández Pérez A, et al. Theoretical basis of microperimetry in visual rehabilitation of low vision patients. *Rev. Cuba Oftalmol*. 2011; 24 (2): 356–63. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762011000200015&lng=es
15. Silvestri V, Turco S, Piscopo P, et al. Biofeedback stimulation in the visually impaired: a systematic review of literature. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2021 Mar; 41 (2): 342–64. <https://doi.org/10.1111/opo.12787>

Вклад авторов в работу: Е.П. Тарутта — разработка концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; Р.Р. Стальмахова — разработка концепции и дизайна исследования, сбор, статистическая обработка и интерпретация данных, написание статьи; С.В. Милаш — разработка концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; А.В. Апаев — разработка концепции и дизайна исследования.

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

Поступила: 20.07.2024. Переработана: 17.08.2024. Принята к печати: 18.08.2024

Originally received: 20.07.2024. Final revision: 17.08.2024. Accepted: 18.08.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Елена Петровна Тарутта — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргномики, ORCID 0000-0002-8864-4518

Регина Расуловна Стальмахова — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики

Сергей Викторович Милаш — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики, ORCID 0000-0002-3553-9896

Александр Вячеславович Апаев — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики, ORCID 0000-0001-7669-1256

Для контактов: Регина Расуловна Стальмахова, reginahubieva@mail.ru

Helmholtz National Medical Research Center, 14/19, Sadovaya-Chernogriazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Elena P. Tarutta — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics, ORCID 0000-0002-8864-4518

Regina R. Stalmakhova — Cand. of Med. Sci., researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Sergey V. Milash — Cand. of Med. Sci., senior research, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics, ORCID 0000-0002-3553-9896

Alexandr V. Apaev — Cand. of Med. Sci., researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics, ORCID 0000-0001-7669-1256

For contacts: Regina R. Stalmakhova, reginahubieva@mail.ru