

Оригинальная статья / Original article

УДК 616-037

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-118-124>

Восстановление сенсорной фузии у детей методом попеременного разобщения полей зрения

Азнаурян И.Э.¹, Шпак А.А.², Баласанян В.О.¹, Азнаурян Э.И.³, Агагулян С.Г.¹¹Объединение детских глазных клиник «Ясный Взор», Москва, Россия²Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Россия³Швейцарский федеральный институт технологий, Цюрих, Швейцария

Резюме

Введение. Реабилитация зрительных функций в детском возрасте является актуальной проблемой детской офтальмологии. Поиск новых реабилитационных мероприятий при таких заболеваниях, как миопия и ретинопатия недоношенных, постоянно ведутся исследователями. Но не менее важным является своевременное эффективное проведение реабилитационных мероприятий для восстановления бинокулярных функций при косоглазии.

Цель. Оценка эффективности восстановления сенсорной фузии и бинокулярного зрения жидкокристаллическими (ЖК) очками в сравнении с ортоптическим лечением на синоптофоре.

Материал и методы. Проведено лечение 99 пациентам с оперированным содружественным сходящимся косоглазием, остаточным углом косоглазия после оперативного вмешательства до 10° и отсутствием сенсорной фузии. Все пациенты были с гиперметропической рефракцией: по сферическому компоненту рефракция была не более 4,75 диоптрий, по цилиндрическому – не более 1,5 диоптрий. При этом допускалось наличие амблиопии слабой степени. Исключали пациентов с вертикальным косоглазием и циклотропией, выявленных при обследовании на синоптофоре и исследовании циклотропии посредством палочек Maddox, а также пациентов с сопутствующей офтальмологической патологией. Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое исследование, а также определение характера зрения 4-х точечным тестом, исследование на синоптофоре с определением объективного и субъективного углов косоглазия. В основную группу были включены 46 пациентов, которые проходили лечение попеременным разобщением полей зрения ЖК-очками постоянно в течение 4 часов в день, контрольная группа включала 53 пациента, получавших ортоптическое лечение на синоптофоре курсами по 10 дней (3-4 курса). Период наблюдения составил 12 месяцев.

Результаты. Эффективность восстановления сенсорной фузии и бинокулярного зрения была существенно выше при лечении ЖК-очками по сравнению с синоптофором. Так, устойчивая сенсорная фузия сформировалась у 32 (69,5%) и 11 (21%) детей, неустойчивая – у 9 (19,6%) и 2 (4%) детей; лечение было неэффективным у 5 (10,9%) и 40 (75%) детей соответственно. Бинокулярное зрение непосредственно после лечения восстановилось у 18 (39,1%) и 11 (21%) детей, а после проведения диплоптических процедур еще у 12 (66,7%) детей основной группы (все различия между группами достоверны ($p < 0,005$)).

Заключение. После проведенной хирургии косоглазия в состоянии ортотропии лечение методом попеременного разобщения полей зрения ЖК-очками является более эффективным методом восстановления сенсорной фузии и реабилитации бинокулярных функций по сравнению с лечением на синоптофоре.

Ключевые слова: косоглазие, сенсорная фузия, восстановление, жидкокристаллические очки, синоптофор, реабилитация косоглазия

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Азнаурян И.Э., Шпак А.А., Баласанян В.О., Азнаурян Э.И., Агагулян С.Г. Восстановление сенсорной фузии у детей методом попеременного разобщения полей зрения. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (3): 118-124. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-118-124>

Для корреспонденции: Агагулян Сатеник Гагиковна, e-mail: agagulyan@prozrenie.ru

Статья получена: 19.05.2020
Статья принята к печати: 20.04.2021

Bifoveal Fusion Recovery by Liquid Crystal Glasses in Children

Igor E. Aznauryan¹, Alexander A. Shpak², Victoriya O. Balasanyan¹, Erik I. Aznauryan³, Satenik G. Agagulyan¹

Association of Pediatric Ophthalmology Clinics "Yasniy Vzor", Moscow

²The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow

³Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland

Abstract

Introduction. Rehabilitation of visual functions in childhood is an urgent problem for pediatric ophthalmology. Researchers are constantly looking for new rehabilitation measures for diseases such as myopia and retinopathy of prematurity. But timely and effective implementation of rehabilitation measures to restore binocular functions in case of strabismus is not least important.

Aim. This study aims to analyze bifoveal fusion recovery using method of LCD glasses with alternating occlusion of visual fields and compare its efficacy with orthoptic treatment using synoptophore

Material and methods. Ninety-nine patients with prior esotropia, post-operative absence of bifoveal fusion and residual angle of deviation $<10^\circ$ were treated. All patients were hyperopic, the spherical refraction was not more than 4.75 diopters, the cylindrical refraction not more than 1.5 diopters. At the same time, presence of mild amblyopia was allowed. Patients with vertical strabismus and cyclotropia identified during synoptophore examination and cyclotropy examination using Maddox rods, as well as patients with concomitant ophthalmic pathology were excluded. All patients underwent a standard ophthalmological examination, as well as determination of binocular vision by a 4-point test, a study on a synoptophore with the determination of the objective and subjective angles of strabismus. The main group included 46 patients who underwent treatment by alternating occlusion of visual fields with LCD glasses continuously for 4 hours/day, the control group included 53 patients who underwent synoptophore treatment for 12 months (3-4 courses). The observation period was 12 months.

Results. Bifoveal fusion and binocular vision were significantly more often recovered by LCD glasses treatment as compared to the synoptophore treatment. Stable bifoveal fusion was formed in 32 (69.5%) and 11 (21%) children, unstable in nine (19.6%) and two (4%); treatment was ineffective in five (10.9%) and 40 (75%) patients, respectively. Binocular vision was obtained in 18 (39.1%) and 11 (21%) patients, and taking into account the subsequent diploptic treatment in cases with unstable bifoveal fusion in 12 more patients (66.7%) in the main group.

Conclusion. Alternating occlusion of visual fields with LCD glasses is a more effective mean of bifoveal fusion and binocular vision recovery than orthoptic treatment with a synoptophore in patients after successful strabismus surgery.

Keywords: strabismus, sensory fusion, recovery, LCD glasses, synoptophore, strabismus rehabilitation, diploptic, binocular vision

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Aznauryan I.E., Shpak A.A., Balasanyan V.O., Aznauryan E.I., Agagulyan S.G. Bifoveal Fusion Recovery by Liquid Crystal Glasses in Children. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (3): 118-124. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-118-124>

For correspondence: Satenik G. Agagulyan, e-mail: agagulyan@prozrenie.ru

Received: May 19, 2020

Accepted: April 20, 2021

Введение

Реабилитация зрительных функций в детском возрасте является актуальной проблемой детской офтальмологии [1,2]. Поиски новых реабилитационных мероприятий при таких заболеваниях, как миопия [3,4] и ретинопатия недоношенных [5], постоянно ведутся исследователями. Но не менее важным является своевременное эффективное проведение реабилитационных мероприятий для восстановления бинокулярных функций при косоглазии [6]. Достоверно известно, что наличие косоглазия и, как следствие, отсутствие бинокулярного и стереоскопического зрения является причиной некоординированной мышечной работы у детей [7].

Развитие зрительной системы в норме характеризуется морфологическими изменениями, в том числе ростом глазного яблока, увеличением диаметра роговицы, формированием зрительных путей в головном мозге. Многие бинокулярные функции развиваются в течение первого года жизни после организации зрительной коры

в глазодоминантные колонки (ГДК), которые формируются под действием электрических и молекулярных сигналов [8]. Нейроны в субкортикальной и кортикальной структурах приобретают функциональные характеристики зрелых клеток. К поздним процессам относится формирование «бинокулярности» нейронов первичной зрительной коры через возможность восприятия стимулов от обоих глаз [9].

Причиной нарушения бинокулярного взаимодействия при косоглазии может быть уменьшение связей между ГДК правого и левого глаза в первичной зрительной коре и «супрессии» в каждом следующем ряду колонок с повышенным содержанием цитохромоксидазы в нейронах.

Хирургия косоглазия с достижением правильного положения глаз приводит к формированию связей между глазодоминантными колонками и восстановлению метаболической активности, т.е. исчезновению «супрессии» [10].

Наличие сенсорной фузии является необходимым условием для формирования бинокулярного зрения и полной реабилитации пациента после проведенной операции по поводу косоглазия [11, 12]. Особенно это важно при восстановлении сенсорной фузии у детей с врожденным косоглазием. Общепринятым методом восстановления сенсорной фузии считается ортоптическое лечение на синоптофоре. Однако у данного метода есть недостатки: ежедневно необходимо посещать лечебное учреждение, а также синоптофор создает жесткие гапლოსкопические условия, при которых глазам предъявляются различные тест-объекты [13]. Поэтому постоянно ведется разработка более надежных методов. Ряд таких методов основан на использовании жидкокристаллических (ЖК) очков.

Т. П. Кащенко и А. Ю. Григорян одними из первых в России представили ЖК-очки, которые использовались для диагностики и восстановления бинокулярных функций [14]. Конструкция позволяла проводить исследование фузии и стереоскопического зрения, а также содержала методики для формирования бинокулярного зрения. Данный метод лечения использовался у детей, у которых уже присутствовала сенсорная фузия.

Очки с ЖК-линзами используют для лечения амблиопии [15–17]. Во многих исследованиях была доказана эффективность ношения данных очков по сравнению с обычной окклюзией в течение 2 часов, так как она позволяет добиться более высокого комплаенса со стороны как пациента, так и его родителей. В 2016 году И. Э. Азнауряном было предложено использовать эту модель очков для восстановления сенсорной фузии у детей в состоянии ортотропии после проведенной операции по поводу содружественного сходящегося косоглазия [18–20].

Ранее авторами [18,19] была обоснована возможность восстановления сенсорной фузии ЖК-очками у пациентов, у которых лечение на синоптофоре не принесло результатов. Вместе с тем представляет интерес прямое сравнение двух методов для оценки эффективности метода попеременного разобщения полей зрения ЖК-очками.

Цель. Оценить эффективность восстановления сенсорной фузии и бинокулярного зрения ЖК-очками, сравнивая его с ортоптическим лечением на синоптофоре.

Материалы и методы

Исследование включало 99 пациентов, которым была проведена операция по поводу содружественного сходящегося постоянного аккомодационного и неаккомодационного косоглазия в Детской глазной клинике «Ясный Взор». Все пациенты были в состоянии ортотропии. На синоптофоре у них не определялась сенсорная фузия.

Пациенты были случайным образом разделены на 2 группы. Основная группа состояла из 46 пациентов, получавших лечение методом попеременного разделения полей зрения с помощью ЖК-очков, 53 пациента, получавших ортоптическое лечение на синоптофоре, были включены в контрольную группу. Критериями включения были возраст от 4 до 10 лет, состояние ортотропии (при измерении на синоптофоре остаточный угол косоглазия составлял не более 10°). Все пациенты были с гиперметропией: по сферическому компоненту рефракция составляла не более 4,75 диоптрий, астигматизм был не более 1,5 диоптрий. При этом включались пациенты с диагнозом амблиопии слабой степени. Были исключены пациенты с сопутствующей офтальмологической патологией, а также пациенты с наличием вертикального угла

косоглазия и циклотропией, которые были выявлены на синоптофоре и при проведении теста Maddox. Всем пациентам было проведено стандартное офтальмологическое обследование, а также исследование синоптофора с определением характера зрения с помощью 4-точечного теста, определением объективных и субъективных углов косоглазия.

ЖК-очки требуют индивидуального программирования частоты попеременного разобщения. Они подключаются через USB-вход к персональному компьютеру, где выставляется частота необходимой альтернации ЖК-линз для каждого пациента в отдельности. Данный USB-вход может быть использован также для зарядки очков. ЖК-очки встроены в удобную оправу, которая обеспечивает возможность использовать при необходимости оптическую коррекцию. Такая коррекция была назначена 46 пациентам в исследовании. Было рекомендовано использовать ЖК-очки ежедневно в течение 4 часов постоянно до восстановления сенсорной фузии. Осмотр у врача с определением бинокулярных функций проходил ежемесячно.

Лечение на синоптофоре проводилось стандартным методом: попеременно предъявлялись тест-объекты для слияния под объективным углом косоглазия курсами по 10 дней каждые 3 месяца (всего 3–4 курса).

Восстановление сенсорной фузии исследовали на синоптофоре. Период наблюдения составил 12 месяцев.

Статистическая обработка данных была проведена с помощью программы Statistica 13 (TIBCO Software Inc.). Количественные данные сравнивались с помощью критерия Стьюдента, качественные – с помощью точного критерия Фишера. Данные представлены в формате $M \pm \sigma$. Уровень $p < 0,05$ считался статистически значимым.

Результаты

Клинико-демографические параметры пациентов в группах сравнения отражены в табл. 1.

Сравниваемые группы были статистически однородны, что отражает таблица 1. При этом важно, что все пациенты имели ровное или близкое к ровному положению глаз, что формировало хорошие условия для формирования сенсорной фузии обеими методиками.

Отсутствие бинокулярного зрения было выявлено у всех исследуемых пациентов, на 4-х точечном тесте определялось одновременное зрение.

Итоги лечения отражены в таблице 2. Пациенты, которым были назначены ЖК-очки, имели результаты лучше, чем пациенты, которые проходили ортоптическое лечение на синоптофоре.

Восстановление бинокулярных функций (бинокулярного зрения и сенсорной фузии), по данным из таблицы 2, чаще происходило при использовании ЖК-очков. У 11 пациентов (21%) из контрольной группы и у 32 пациентов (69,5%) из основной группы получилось восстановить сенсорную фузию, при этом сенсорная фузия в контрольной группе восстанавливалась в среднем за $5,82 \pm 3,85$ месяцев (4–12), а в основной группе за $5 \pm 2,1$ месяцев (3–10).

Родители были больше удовлетворены лечением посредством ЖК-очков, так как не нужно было ежедневно посещать клинику, а также в связи с большим комплаенсом со стороны детей.

Обсуждение

Настоящая работа является вторым этапом сравнения двух методик, которые позволяют восстановить сенсорную фузию – общепринятый способ лечения с использованием отдельного режима мигания на синоптофоре

Таблица 1. Параметры пациентов в сравниваемых группах до лечения, $M \pm \sigma$ (min-max)
Table 1. Parameters of patients in the compared groups before treatment, $M \pm \sigma$ (min-max)

Параметр / Parameter	Контрольная группа (n=53) / Control group (n=53)	Основная группа (n=46) / Main group (n=46)
Возраст, месяцев / Age, months	5,7±1,9 (12-120)	5,6±2,5 (8-120)
Пол, м / ж / Sex, m / f	30 / 23	23 / 23
Возраст, когда обнаружено косоглазие, лет / When strabismus was detected, years	1,3±1,7 (0,0-5,0)	1,4±1,4 (0,0-5,0)
Наличие косоглазия до хирургического лечения, месяцев / Strabismus before surgery, months	41,7±15,4 (4,0-68,0)	39,3±28,3 (2,0-110,0)
Острота зрения лучше видящего глаза с коррекцией / Visual acuity in correction of the best seeing eye	0,91±0,1 (0,8-1,0)	0,94±0,09 (0,8-1,0)
Острота зрения хуже видящего глаза с коррекцией / Visual acuity in correction of the worse seeing eye	0,77±0,07 (0,7-0,9)	0,79±0,07 (0,7-0,9)
Сферозэквивалент лучше видящего глаза, диоптрий / Spheroequivalent of a better seeing eye, diopter	2,5±1,45 (0,0 -5,5)	2,85±1,65 (0,38-5,4)
Сферозэквивалент хуже видящего глаза, диоптрий / Spheroequivalent of the worse seeing eye, diopter	2,54±1,6 (0,25-5,75)	2,94±1,7 (0,38-5,4)
Величина анизометропии, диоптрий / Anisometropia value, diopters	0,5±0,48 (0,0-2)	0,43±0,39 (0,0-1,5)
Угол косоглазия / Strabismus angle	5,3±1,3 (3-7)	5,1±1,8 (1-8)

Примечание: Группы статистически не различались ($p > 0,05$)

Note: The difference in groups is not statistically significant ($p > 0.05$)

Таблица 2. Восстановление сенсорной фузии и бинокулярного зрения после лечения, n (%)
Table 2. Restoration of sensory fusion and binocular vision after treatment, n (%)

Функции после лечения / Functions after treatment		Контрольная группа (n=53) / Control group (n=53)	Основная группа (n=46) / Main group (n=46)
Фузия / Fusion	Бинокулярное зрение / Binocular vision		
Устойчивая / Stable	Восстановлено / Restored	11 (21%)	18 (39,1%)
Устойчивая / Stable	Отсутствует / Absent	0 (0%)	14 (30,4%)*
Неустойчивая / Unstable	Отсутствует / Absent	2(4%)	9 (19,6%)
Отсутствует / Absent	Отсутствует / Absent	40 (75%)	5 (10,9%)

***Примечание:** Различие групп статистически достоверно ($p < 0,000$); у 12 пациентов (26%) бинокулярное зрение восстановилось после курса диплоптического лечения.

***Note:** The difference between groups is statistically significant ($p < 0,000$); 12 patients (26%) binocular vision recovered after a course of diploptic treatment

и ЖК-очками, которые позволяют разделять поле зрения пациента с определенной частотой альтернирования. На первом этапе мы изучили, как восстанавливается сенсорная фузия ЖК-очками у пациентов, которые уже лечились на синоптофоре [18–20]. Однако такое исследование не позволяет оценить эффективность методики. Поэтому мы провели прямое сравнение методов со случайной выборкой пациентов.

На данный момент чаще всего используется ортоптическое лечение на синоптофоре, которое проводится в условиях жесткой гаплоглопии и имеет сравнительно невысокую эффективность. По данным Т.П. Кащенко [8] восстановление у пациентов, которые прошли ортоптическое лечение в условиях ортотропии, составило 21,4%, что сходится с данными, полученным авторами

ранее у пациентов, проходящих лечение на синоптофоре [18].

Для реабилитации бинокулярных функций также использовались ЖК-очки [21]. В России данный метод в совокупности с подключённым к очкам компьютером, был внедрён для использования в детской офтальмологии Т.П. Кащенко и др. [14]. Недостатками очков можно назвать отсутствие автономности работы, проведение лечебных упражнений у экрана компьютера, что вызывает пациента к посещению лечебного учреждения, а также громоздкость самих очков, что исключает возможность использования у детей до 5 лет. Данная методика использовалась для восстановления бинокулярного зрения при нормальном фузионном рефлексе [13]. При этом исследований, где данный метод исполь-

зовался бы для реабилитации сенсорной фузии не было проведено.

Попеременное разобщение полей зрения показало свою эффективность при восстановлении стереоскопического зрения и восстановлении фузионного рефлекса [22].

В 2011 году группой израильских ученых были разработаны ЖК-очки для лечения амблиопии [15–17]. Данный метод лечения амблиопии оказался эффективнее, чем применение окклюдора в течение 2 часов [17]. При этом исследований о возможном применении ЖК-очков для восстановления сенсорной фузии не проводилось.

В статье мы представляем результаты применения в реабилитации и восстановлении сенсорной фузии у детей после проведенной хирургии косоглазия по поводу содружественного сходящегося аккомодационного и неаккомодационного косоглазия автономных ЖК-очков. Эффективность лечения методом попеременного разобщения полей зрения ЖК-очками оказалось гораздо выше, чем лечение с использованием традиционного ортоптического лечения на синоптофоре. ЖК-очки, в отличие от ортоптического лечения на синоптофоре, не требуют от пациентов усидчивости и посещения ребенком лечебного учреждения. Отдельно стоит отметить высокую частоту восстановления бинокулярного зрения при использовании метода попеременного разобщения полей зрения ЖК-очками, что говорит о важности восстановления у детей сенсорной фузии для последующей реабилитации остальных бинокулярных функций, таких как бинокулярное и стереоскопическое зрение. Пациенты, которые носили ЖК-очки, отмечали удобство и комфортные условия лечения, что приводило к более высокому комплаенсу со стороны детей и желанию лечиться ЖК очками.

Также мы не исключаем, что данная эффективность опосредована более выраженным и значимым действием ЖК-очков на зрительную систему пациента.

Заключение

Восстановление сенсорной фузии занимает важное место в реабилитации детей с косоглазием, так как позволяет уменьшить количество взрослых пациентов с нарушениями глазодвигательной системы [23]. Поиск современных способов проведения ортоптического лечения является важной задачей в реабилитации детей с нарушениями глазодвигательной функции, так как отсутствие сенсорной фузии приводит к невозможности сформировать бинокулярное зрение. До недавнего времени сенсорную фузию возможно было восстановить только с применением раздельного режима мигания на синоптофоре. Данный способ лечения имеет ограничения по длительности проведения процедуры, а также возможен только в амбулаторных условиях. Также относительным недостатком данного метода является возможность использовать данный метод в течение 15 минут в день. Эффективность лечения методом попеременного разобщения полей зрения ЖК-очками оказалась гораздо выше, чем лечение с использованием традиционного ортоптического лечения на синоптофоре. При этом данный способ лечения может проводиться в домашних условиях и не требует ежедневного посещения лечебного учреждения. Учитывая состояние ортотропии у большого количества пациентов одновременно с восстановлением сенсорной фузии, восстановилось и бинокулярное зрение. Проведенное после курса лечения ЖК-очками диплоптическое лечение позволяет впоследствии сформировать бинокулярное зрение у пациентов. Таким образом, данное исследование показало возможность более эффективного ортоптического лечения косоглазия у детей после проведения хирургического лечения косоглазия при содружественном сходящемся косоглазии и достижении состояния ортотропии и важность реабилитационных мероприятий в восстановлении как бинокулярного, так и стереоскопического зрения.

Список литературы

1. Иванова Г.Е., Мельникова Е.В., Шмонин А.А., Вербицкая Е.В., Аронов Д.М., Белкин А.А., Беляев А.Ф., Бодрова Р.А., Бубнова М.Г., Буйлова Т.В., Мальцева М.Н., Мишина И.Е., Нестерин К.В., Никифоров В.В., Прокопенко С.В., Сарана А. М.О., Стаховская Л.В., Суворов А.Ю., Хасанова Д.Р., Цыкунов М.Б., Шамалов Н.А., Яшков А.В. Применение международной классификации функционирования в процессе медицинской реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2018; 1(89): 2-9.
2. Тихонова Т.Г. Рефлексотерапия в педиатрической практике. Вестник восстановительной медицины. 2014; 4(62): 86-91.
3. Малаян Е.А. О возможности оптимизации восстановительного лечения миопии у детей с использованием факторов физического воздействия. Вестник восстановительной медицины. 2017; 6(82): 86-88.
4. Хан М.А., Иванов А.В., Рассулова М.А., Прикулс В.Ф., Микитченко Н.А. Актуальные вопросы применения магнитотерапии в педиатрии. Вестник восстановительной медицины. 2015; 6(70): 42-47.
5. Нефедьева Д.Л., Бодрова Р.А. Определение реабилитационного потенциала у недоношенных детей на основе международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ). Вестник восстановительной медицины. 2015; 6(70): 2-9.
6. Кашенко Т.П. Бинокулярная зрительная система при содружественном косоглазии. Дис...д.м.н. Москва. 1978: 31 с.
7. Hemptinne C., Aerts F., Pellissier T., Ramirez Ruiz C., Alves Cardoso V., Vanderveken C., Yüksel D. Motor skills in children with strabismus. Journal of AAPOS. 2020; 24(2): 76.e1-76.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2020.01.005>
8. Birch, E. E. Stereopsis in infants and its developmental relation to visual acuity. Oxford University Press. London. 1993.
9. Huberman A.D. Mechanisms of eye-specific visual circuit development. Current Opinion in Neurobiology. 2007; (17): 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.01.005>
10. Tychsen L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks. Journal of AAPOS. 2005; 9(6): 510-521. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2005.06.007>
11. Sharma Pr. The pursuit of stereopsis. Journal of AAPOS. 2018; 22(1): 2.e1-2.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.10.009>
12. Bagheri M., Farvardin M. The clinical effect of surgical timing in infantile exotropia. Journal of AAPOS. 2018; 22(3): 167-169.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.12.004>
13. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Результаты использования альтернирующего предьявления стимулов в ортоптическом лечении у детей. Офтальмохирургия. 2019; (2): 50-58.
14. Григорян А.Ю., Аветисов Э.С., Кашенко Т.П., Ячменева Е.И. Применение жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций. Вестник офтальмологии. 1999; 115(1): 27-28.
15. Erbagci I., Okumus S., Oner V., Coskun E., Celik O., Oren B. Using liquid crystal glasses to treat amblyopia in children. Journal of AAPOS. 2015; 19(3): 257-259. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2015.04.001>
16. Spierer A., Raz J., Benezra O., Herzog R., Cohen E., Karshai I., Benezra D. Treating amblyopia with liquid crystal glasses: a pilot study. Investigative Ophthalmology and Visual Science. 2010; 51(7): 3395-3398. <https://doi.org/10.1167/iiov.09-4568>
17. Wang J., Neely D., Galli J., Schliesser J., Graves A., Damarjian T., Kovarik J., Bowsher J., Smith H., Donaldson D., Haider K., Roberts G., Sprunger D., Plager D. A pilot randomized clinical trial of intermittent occlusion therapy liquid crystal glasses versus traditional patching for treatment of moderate unilateral amblyopia. Journal of AAPOS. 2016; 20(4): 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2016.05.014>

18. Азнаурян И.Э., Шпак А.А., Баласанян В.О., Агагулян С.Г. Новый метод восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения полей зрения (предварительное сообщение). *Российская детская офтальмология*. 2018; (1): 20-24.
19. Азнаурян И.Э., Шпак А.А., Баласанян В.О., Азнаурян Э.И., Агагулян С.Г. Сравнение эффективности восстановления сенсорной фузии при лечении на синоптофоре и жидкокристаллическими очками детей с оперированным содружественным косоглазием. *Офтальмохирургия*. 2020; (1): 57-61.
20. Aznauryan I., Agagulyan S., Aznauryan E., Balasanyan V., Shpak A. New method of sensory fusion rehabilitation using intermittent occlusion with LCD glasses. *Journal of AAPOS*. 2018; 22(4): e20. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2018.07.068>
21. Рычкова С.И., Щуко А.Г., Малышев В.В. Бинарметрия и жидкокристаллические очки в послеоперационной реабилитации детей с содружественным сходящимся косоглазием. *Офтальмохирургия*. 2008; (3): 24-26.
22. Rychkova S., Ninio J. Alternation frequency thresholds for stereopsis as a technique for exploring stereoscopic difficulties. *i-Perception*. 2011; (2): 50-68. <https://doi.org/10.1068/i0398>
23. Wang J.Y., Leske D.A., Hatt S.R., Holmes J.M. Diplopia after strabismus surgery for adults with nondiplopic childhood-onset strabismus. *Journal of AAPOS*. 2019; 23(6): 313.e1-313.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2019.07.005>

References

1. Ivanova G.E., Mel'nikova E.V., Shmonin A.A., Verbickaya E.V., Aronov D.M., Belkin A.A., Belyaev A.F., Bodrova R.A., Bubnova M.G., Bujlova T.V., Mal'ceva M.N., Mishina I.E., Nesterin K.V., Nikiforov V.V., Prokopenko S.V., Sarana A. M.O., Stahovskaya L.V., Suvorov A.YU., Hasanova D.R., Cykunov M.B., Shamalov N.A., Yashkov A.V. Primenenie mezhdunarodnoj klassifikacii funkcionirovaniya v processe medicinskoj reabilitacii [Application of the international classification of functioning in the process of medical rehabilitation]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018; 1(89): 2-9 (In Russ.).
2. Tihonova T.G. Refleksoterapiya v pediatricheskoj praktike [Reflex therapy in pediatric practice]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2014; 4(62): 86-91 (In Russ.).
3. Malayan E.A. O vozmozhnosti optimizacii vosstanovitel'nogo lecheniya miopii u detej s ispol'zovaniem faktorov fizicheskogo vozdejstviya [About possibility to optimization rehabilitation of myopia among children with physical factors]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2017; 6(82): 86-88 (In Russ.).
4. Han M.A., Ivanov A.V., Rassulova M.A., Prikuls V.F., Mikitchenko N.A. Aktual'nye voprosy primeneniya magnitoterapii v pediatrii [Current issues of magnetotherapy in pediatrics]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015; 6(70): 42-47 (In Russ.).
5. Nefed'eva D.L., Bodrova R.A. Opredelenie reabilitacionnogo potentsiala u nedonoshennyh detej na osnove mezhdunarodnoj klassifikacii funkcionirovaniya, ogranichenij zhiznedeyatel'nosti i zdorov'ya (MKF) [Evaluation of rehabilitation potential of premature children on the basis of international classification of functioning, disability and health]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015; 6(70): 2-9 (In Russ.).
6. Kashchenko T.P. *Binokulyarnaya zritel'naya sistema pri sodruzhestvennom kosoglazii*. Dokt. Diss. [Binocular visual system with concomitant strabismus. Doct. Diss.] Moscow. 1978: 31 p. (In Russ.).
7. Hemptinne C., Aerts F., Pellissier T., Ramirez Ruiz C., Alves Cardoso V., Vanderveken C., Yüksel D. Motor skills in children with strabismus. *Journal of AAPOS*. 2020; 24(2): 76.e1-76.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2020.01.005>
8. Birch, E. E. Stereopsis in infants and its developmental relation to visual acuity. Oxford University Press. London. 1993.
9. Huberman A.D. Mechanisms of eye-specific visual circuit development. *Current Opinion in Neurobiology*. 2007; (17): 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.01.005>
10. Tychsen L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks. *Journal of AAPOS*. 2005; 9(6): 510-521. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2005.06.007>
11. Sharma Pr. The pursuit of stereopsis. *Journal of AAPOS*. 2018; 22(1): 2.e1-2.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.10.009>
12. Bagheri M., Farvardin M. The clinical effect of surgical timing in infantile exotropia. *Journal of AAPOS*. 2018; 22(3): 167-169.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.12.004>
13. Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Rezultaty ispol'zovaniya alterniruyushchego predyavleniya stimulov v ortopticheskom lechenii u detej [The results of the use of alternating presentation of the stimuli in orthoptic treatment in children]. *Oftalmohirurgiya*. 2019; (2): 50-58 (In Russ.).
14. Grigoryan A.Yu., Avetisov E.S., Kashchenko T.P., Yachmeneva E.I. Primenenie zhidkokristallicheskih ochkov dlya issledovaniya i vosstanovleniya binokulyarnyh funkcij [The use of liquid crystal glasses for the study and restoration of binocular functions]. *Vestnik oftalmologii*. 1999; 115(1): 27-28 (In Russ.).
15. Erbagci I., Okumus S., Oner V., Coskun E., Celik O., Oren B. Using liquid crystal glasses to treat amblyopia in children. *Journal of AAPOS*. 2015; 19(3): 257-259. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2015.04.001>
16. Spierer A., Raz J., Benezra O., Herzog R., Cohen E., Karshai I., Benezra D. Treating amblyopia with liquid crystal glasses: a pilot study. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2010; 51(7): 3395-3398. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-4568>
17. Wang J., Neely D., Galli J., Schliesser J., Graves A., Damarjian T., Kovarik J., Bowsher J., Smith H., Donaldson D., Haider K., Roberts G., Sprunger D., Plager D. A pilot randomized clinical trial of intermittent occlusion therapy liquid crystal glasses versus traditional patching for treatment of moderate unilateral amblyopia. *Journal of AAPOS*. 2016; 20(4): 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2016.05.014>
18. Aznauryan I.E., Shpak A.A., Balasanyan V.O., Agagulyan S.G. Novyj metod vosstanovleniya sensornoj fuzii putem poperemennogo razobshcheniya polej vzora (predvaritelnoe soobshchenie) [A new method for recovery of sensory fusion by an alternating occlusion of visual fields (a preliminary report)]. *Rossiyskaya detskaya oftalmologiya*. 2018; (1): 20-24 (In Russ.).
19. Aznauryan I.E., Shpak A.A., Balasanyan V.O., Aznauryan E.I., Agagulyan S.G. Sravnenie effektivnosti vosstanovleniya sensornoj fuzii pri lechenii na sinoptofore i zhidkokristallicheskim ochkami detej s operirovannym sodruzhestvennym kosoglaziem [Comparison of bifoveal fusion recovery efficiency using synoptophore and the liquid crystal glasses in children operated for esotropia]. *Oftalmohirurgiya*. 2020; (1): 57-61 (In Russ.).
20. Aznauryan I., Agagulyan S., Aznauryan E., Balasanyan V., Shpak A. New method of sensory fusion rehabilitation using intermittent occlusion with LCD glasses. *Journal of AAPOS*. 2018; 22(4): e20. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2018.07.068>
21. Rychkova S.I., Schuko A.G., Malyshev V.V. Binarimetriya i zhidkokristallicheskie ochki v posleoperacionnoj reabilitacii detej s sodruzhestvennym skhodyashchimsya kosoglaziem [Binarmetry and liquid crystal glasses in the postoperative rehabilitation of children with concomitant esotropia]. *Oftalmohirurgiya*. 2008; (3): 24-26 (In Russ.).
22. Rychkova S., Ninio J. Alternation frequency thresholds for stereopsis as a technique for exploring stereoscopic difficulties. *i-Perception*. 2011; (2): 50-68. <https://doi.org/10.1068/i0398>
23. Wang J.Y., Leske D.A., Hatt S.R., Holmes J.M. Diplopia after strabismus surgery for adults with nondiplopic childhood-onset strabismus. *Journal of AAPOS*. 2019; 23(6): 313.e1-313.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2019.07.005>

Информация об авторах:

Азнаурян Игорь Эрикович, доктор медицинских наук, руководитель Объединения детских глазных клиник «Ясный Взор».

E-mail: igoraznauryan@me.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4805-0299>

Шпак Александр Анатольевич, доктор медицинских наук, заведующий отделом клинко-функциональной диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России.

E-mail: a_shpak@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0273-3307>

Баласанян Виктория Олеговна, кандидат медицинских наук, первый заместитель руководителя Объединения детских глазных клиник «Ясный Взор».

E-mail: balasanyan@prozrenie.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8340-4531>

Азнаурян Эрик Игоревич, кандидат медицинских наук, Швейцарский федеральный институт технологий.

E-mail: eaznauryan@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7666-7299>

Агагулян Сатеник Гагиковна, главный врач Объединения детских глазных клиник «Ясный Взор».

E-mail: agagulyan@prozrenie.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1289-2117>

Вклад авторов:

Азнаурян И.Э., Шпак А.А. – концепция и дизайн исследования; Баласанян В.О., Азнаурян Э.И. – статистическая обработка материала; Агагулян С.Г. – сбор материала и выполнение текстовой части работы.

Information about the Authors:

Igor E. Aznauryan, Dr. Sci. (Med.), Head of Association of Pediatric Ophthalmology Clinics «Yasnyy Vzor».

E-mail: igoraznauryan@me.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4805-0299>

Alexander A. Shpak, Dr. Sci. (Med.), Head of Functional Diagnostics, Department at the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution.

E-mail: a_shpak@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0273-3307>

Victoriya O. Balasanyan, Cand. Sci. (Med.), First Deputy Chief Medical Officer, Association of Pediatric Ophthalmology Clinics «Yasnyy Vzor».

E-mail: balasanyan@prozrenie.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8340-4531>

Erik I. Aznauryan, Cand. Sci. (Med.), Swiss Federal Institute of Technology.

E-mail: eaznauryan@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7666-7299>

Satenik G. Agagulyan, Chief Medical Officer, Association of Pediatric Ophthalmology Clinics «Yasnyy Vzor».

E-mail: agagulyan@prozrenie.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1289-2117>

Contribution:

Aznauryan I.E., Shpak A.A. – concept and design of the study; Balasanyan V.O., Aznauryan E.I. – statistical processing of material; Agagulyan S.G. – collection of material and performing the text part of the work.

