

Результаты использования альтернирующего предъявления стереостимулов у детей при содружественном косоглазии с функциональной скотомой подавления

С.И. Рычкова^{1,2}В.Г. Лихванцева^{3,4}

¹ Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН
Большой Наретный переулок, 19, Москва, 127051, Российская Федерация

² Нафедра глазных болезней, Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

³ ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

⁴ Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(2):309-316

Работа посвящена одной из актуальных проблем современной страбизмологии — исследованию способности к стереовосприятию у детей с содружественным косоглазием. **Цель** — исследование способности к стереовосприятию при альтернирующем предъявлении стереостимулов у детей с функциональной скотомой подавления при содружественном косоглазии. **Пациенты и методы.** Наблюдали 113 детей с функциональной скотомой подавления (ФСП) при содружественном косоглазии. Использовали стереостимулы с различными характеристиками в следующих режимах альтернирующего предъявления: 1) режим простого монокулярного альтернирования (поочередное предъявление изображения правому глазу и левому глазу); 2) режим с наличием «пустого» интервала (черного фона) между монокулярными фазами; 3) режим с наличием бинокулярной фазы (бинокулярного изображения, содержащего детали, соответствующие стимулу для правого и для левого глаза) между монокулярными фазами. **Результаты.** Установлено, что у 23 (20,3 %) детей способность к стереовосприятию полностью отсутствовала. Все эти дети имели устойчивую тотальную ФСП (монокулярное зрение). У остальных 90 детей (с неустойчивой или регионарной ФСП) способность к стереовосприятию проявлялась неодинаково с разными тестовыми изображениями в разных режимах их альтернирующего предъявления. Со стимулами с центральным расположением линейных деталей возникновение стереозффекта было возможно при их предъявлении в альтернирующем режиме с «пустым» интервалом длительностью от 20 до 70 мс в сочетании с длительностью монокулярных фаз от 30 до 90 мс. Со стимулами с периферическим расположением линейных элементов 22,1 % детей были способны к стереовосприятию не только в режиме с «пустым» интервалом, но и в режиме простого альтернирования. При этом наибольшее количество детей, способных к стереовосприятию, выявляли при использовании режима с «пустым» интервалом длительностью 30–60 мс при длительности монокулярных фаз 40–60 мс. Со случайно-точечными тестовыми изображениями никто из детей данной группы не был способен к стереовосприятию. **Заключение.** Результаты свидетельствуют о том, что даже у пациентов с ФСП при содружественном косоглазии возможно стереовосприятие в условиях альтернирующего предъявления стимулов с определенными характеристиками. При этом появление стереозффекта наиболее вероятно со стимулами, содержащими периферические линейные элементы, в альтернирующем режиме с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами.

Ключевые слова: стереозрение, альтернирующее предъявление стимулов, косоглазие

Для цитирования: Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Результаты использования альтернирующего предъявления стереостимулов у детей при содружественном косоглазии с функциональной скотомой подавления. *Офтальмология.* 2021;18(2):309–316. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-309-316>

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

Конфликт интересов отсутствует



Results of Using Alternating Presentation of Stereostimuli in Children with Functional Scotoma in Non-Paralytic Strabismus

S.I. Rychkova^{1,2}, V.G. Likhvantseva^{3,4}

¹ Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of the RAS
Bolshoy Karetny lane, 19, Moscow, 127051, Russian Federation

² Department of eye diseases of the Biomedical University of Innovation and Continuing Education
of Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

³ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency Russia
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

⁴ Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia
Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(2):309–316

The work is devoted to one of the actual problems of modern strabismology — the study of the ability to stereo perception in children with non-paralytic strabismus. **Purpose:** to study the capability to stereovision with alternating presentation of stereostimuli in children with functional scotoma in non-paralytic strabismus. **Patients and methods.** 113 children with functional scotoma (FS) in non-paralytic strabismus were observed. We used stereostimuli with different characteristics in the following regimes of presentation: 1) the regime of simple monocular alternating [alternate presentation of an image for the right eye and the left eye]; 2) the regime having an “empty” interval (black background) between monocular phases; 3) the regime having a binocular phase (a binocular image containing details corresponding to the stimuli for the right eye and the left eye) between monocular phases. **Results.** It was found that in 23 (20,3 %) children, the ability to stereo perception was completely absent. All these children had stable total FS (monocular vision). In the remaining 90 children (with unstable or regional FS), the ability to stereo perception was shown with some stimuli in some modes of their alternating presentation. For stimuli with a central arrangement of linear parts, the stereo effect was possible when they were presented in an alternating mode with an “empty” interval lasting from 20 to 70 ms in combination with the duration of monocular phases from 30 to 90 ms. For stimuli with a peripheral arrangement of linear elements, 22.1 % of children were able to stereo perception not only in the “empty” interval mode, but also in the simple alternation mode. At the same time, the greatest number of children capable of stereo perception was detected when using the mode with an “empty” interval of 30–60 ms and a duration of monocular phases of 40–60 ms. With random-dot stimuli, none of the children in this group were capable of stereo perception. **Conclusion.** Our results suggest that even in patients with FS in non-paralytic strabismus, stereo perception is possible under the conditions of alternating presentation of stimuli with certain characteristics. In this case, the most likely appearance of a stereo effect with stimuli containing peripheral linear elements that create a stereo effect when presented in an alternating mode with an empty interval between monocular phases.

Keywords: stereovision, alternating stimuli presentation, functional scotoma, strabismus

For citation: Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Results of Using Alternating Presentation of Stereostimuli in Children with Functional Scotoma in Non-Paralytic Strabismus. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(2):309–316. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-309-316>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных проявлений адаптации зрительной системы детей к косоглазию и в то же время главным препятствием для восстановления бинокулярного и стереозрения является функциональное торможение зрительной информации от косящего глаза [1, 2]. Выделяют три степени глубины торможения: нейтрализацию, супрессию и эксклюзию [3]. Наименьшая выраженность процесса торможения наблюдается при нейтрализации. При незначительных нарушениях бинокулярного зрения она бывает непостоянной и может исчезать в условиях разделения полей зрения. Супрессия — более глубокая степень подавления зрительного восприятия. Она проявляется в виде функциональной скотомы подавления (ФСП) — «выпадения» участка пространства в поле зрения косящего глаза в бинокулярных условиях наблюдения (при двух открытых глазах). Выделяют макулярную

ФСП и скотому Хармса. Макулярная ФСП возникает, чтобы избежать конфузии (совмещения в ЦНС разных объектов, проекции которых попадают одновременно на центральные зоны сетчатки фиксирующего и отклоненного глаза). Скотома Хармса (скотома в «нулевой точке», соответствующей проекции на сетчатку косящего глаза объекта, фиксируемого не косящим глазом) защищает от диплопии. У маленьких детей эти скотомы могут «закрывать» всю «зону косоглазия» отклоненного глаза от макулы до «нулевой точки». При этом общая зона функционального торможения может уменьшаться, но макулярная скотома и скотома Хармса остаются более или менее протяженными и глубокими [2, 3].

Супрессия является активным процессом. При альтернирующем косоглазии она возникает в поле зрения поочередно то одного, то другого глаза, а при монолатеральном косоглазии — в поле зрения только одного глаза. В последнем случае она является «отправной точкой»

С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева

для развития еще более глубокого торможения — эксклюзии и дисбинокулярной амблиопии. Для устранения ФСП и повышения остроты зрения традиционно используют окклюзию фиксирующего глаза, а также альтернирующее предъявление стимулов, в том числе с применением компьютерных технологий [1–6]. Вопрос о возможности стереовосприятия у пациентов с содружественным косоглазием при наличии функционального торможения в условиях альтернирующего предъявления стереостимулов до настоящего времени остается открытым.

Цель — исследование способности к стереовосприятию при альтернирующем предъявлении стереостимулов у детей при содружественном косоглазии с функциональной скотомой подавления.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находились 113 детей в возрасте от 7 до 17 лет (в среднем $10,5 \pm 0,3$) с содружественным косоглазием. Всем детям проводили офтальмологическое обследование, включавшее: определение остроты зрения, рефракции и состояния глазного дна, подвижности глаз, величины девиации, биомикроскопию. Корреспонденцию сетчаток изучали с помощью

модифицированного теста Баголини (МТБ) в условиях призмной компенсации угла косоглазия (под объективным углом косоглазия) [7]. Стереозрение исследовали по Fly-test и по Lang-test.

Клинические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Стереозрение как по Fly-test, так и по Lang-test отсутствовало у всех детей ($n = 113$) данной группы, в том числе и у 27 (23,9 %) детей с ортотропией, достигнутой в результате хирургического и/или функционального лечения.

Для дополнительного исследования стереозрения использовали серию стимулов, разработанных на основе стереоизображений, созданных J. Ninio [8, 9]. Стимулы 1-го блока содержали центрально расположенные элементы, создающие стереоэффект, стимулы 2-го блока — периферически расположенные элементы, создающие стереоэффект, стимулы 3-го блока представляли собой случайно-точечные стереограммы (рис. 1–3).

Стереостимулы 3-го блока включали случайно-точечные стереограммы, создающие эффект горизонтального цилиндра (3.1) и вертикального цилиндра (3.2).

Таблица 1. Клинические характеристики пациентов

Table 1. Clinical characteristics of the patients

Клинические характеристики Clinical characteristics		Пациенты ($n = 113$) Patients
Возраст $M \pm m$ (годы) / Age $M \pm m$ (years)		$10,5 \pm 0,31$
Количество в группе мальчиков, абс. число детей (%) / Number of boys in the group, abs. number of children (%)		65 (57,5)
Сходящееся косоглазие, абс. число детей (%) / Convergent strabismus, abs. number of children (%)		93 (82,3)
Расходящееся косоглазие, абс. число детей (%) / Divergent strabismus, abs. the number of children (%)		20 (17,7)
Корригированная острота зрения лучше видящего глаза, $M \pm m$ (усл. ед.) / Corrected visual acuity of the best-seeing eye, $M \pm m$ (standard units)		$0,83 \pm 0,07$
Корригированная острота зрения хуже видящего глаза, $M \pm m$ (усл. ед.) / Corrected visual acuity of the worse-seeing eye, $M \pm m$ (standard units)		$0,58 \pm 0,02$
Виды рефракции, абс. число детей (%) / The types of refraction, abs. the number of children (%)	Эмметропическая / Emmetropic	1 (0,9)
	Гиперметропическая / Hypermetropic	98 (86,7)
	Миопическая / Myopic	13 (11,5)
	Смешанный астигматизм / Mixed astigmatism	1 (0,9)
Монолатеральное косоглазие, абс. число детей (%) / Monolateral strabismus, abs. the number of children (%)		40 (35,4)
Альтернирующее косоглазие, абс. число детей (%) / Alternating strabismus, abs. the number of children (%)		73 (64,6)
Корреспонденция сетчаток при исследовании с МТБ, абс. число детей (%) Retinal correspondence in the study with BMT, abs. number of children (%)	ФСП ↔ диплопия / FS ↔ diplopia	14 (12,4)
	ФСП ↔ бинокулярное зрение / FS ↔ binocular vision	45 (39,8)
	Устойчивая регионарная ФСП / Sustainable regional FS	31 (27,4)
	Тотальная ФСП / Total FS	23 (20,4)
Величина девиации, абс. число детей (%) Deviation value, abs. number of children (%)	Ортотропия / Ortotropy	27 (23,9)
	До (+)5°	27 (23,9)
	(+)6°–(+)10°	33 (29,3)
	(+)11°–(+)20°	8 (7,1)
	До (-)5°	5 (4,4)
	(-)6°–(-)10°	8 (7,1)
	(-)11°–(-)20°	5 (4,4)

Примечание: ФСП — функциональная скотома подавления, МТБ — модифицированный тест Баголини.

Note: FS — functional scotoma, BMT — Bagolini modified test.

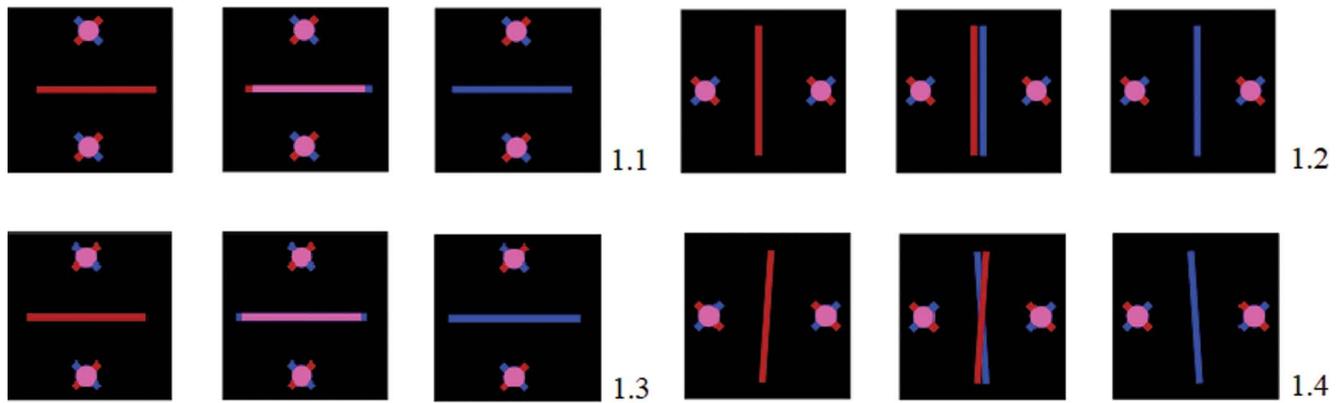


Рис. 1. Стереостимулы 1-го блока:

- 1.1 — стимул, создающий эффект фронтопараллельного разделения центральной горизонтальной полоски и периферических элементов;
 1.2 — стимул, создающий эффект фронтопараллельного разделения центральной вертикальной полоски и периферических элементов;
 1.3 — стимул, содержащий эффект разворота центральной горизонтальной полоски;
 1.4 — стимул, содержащий эффект наклона центральной вертикальной полоски

Fig. 1. Stereostimuli of the 1st block:

- 1.1 — stimulus that creates the effect of front-parallel separation of the central horizontal strip and peripheral elements;
 1.2 — stimulus that creates the effect of front-parallel separation of the central vertical strip and peripheral elements;
 1.3 — stimulus containing the effect of a reversal of the Central horizontal bar;
 1.4 — stimulus containing the effect of tilting the Central vertical strip

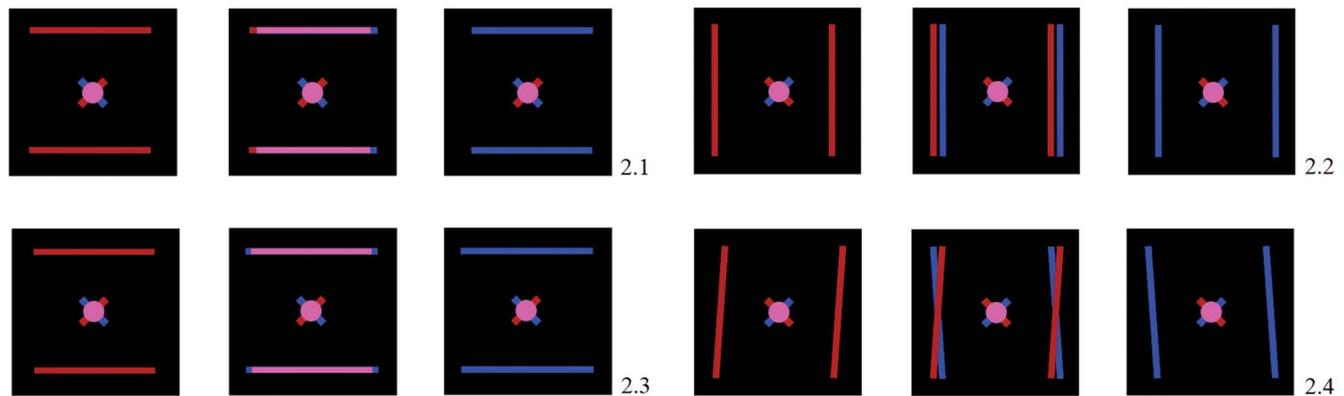


Рис. 2. Стереостимулы 2-го блока:

- 2.1 — стимул, создающий эффект фронтопараллельного разделения периферических горизонтальных полосок и центрального элемента;
 2.2 — стимул, создающий эффект фронтопараллельного разделения периферических вертикальных полосок и центрального элемента;
 2.3 — стимул, создающий эффект разворота периферических горизонтальных полосок;
 2.4 — стимул, создающий эффект наклона периферических вертикальных полосок

Fig. 2. Stereostimuli of the 2nd block:

- 2.1 — stimulus that creates the effect of frontoparallel separation of peripheral horizontal stripes and the central element;
 2.2 — stimulus that creates the effect of frontoparallel separation of the peripheral vertical stripes and the central element;
 2.3 — stimulus that creates the effect of turning the peripheral horizontal stripes;
 2.4 — stimulus that creates the effect of tilting the peripheral vertical stripes

Размер изображения на экране компьютера составлял 10×10 см. Объект для слияния (лиловый кружок с проходящими через него синей и красной полосками) имел диаметр 1 см. В изображениях с периферическим и центральным расположением вертикальных или горизонтальных полосок, создающих стереоэффект, полоски располагались на расстоянии 3,5 см с каждой стороны от центрального объекта. Цветовые характеристики красных деталей — R 255, G 0, B 0, синих — R 0, G 0, B 255, лиловых — R 215, G 102, B 162.

Зрительные стимулы предъявляли детям на экране монитора с расстояния 70 см от глаз через красный (для правого глаза) и синий (для левого глаза) светофильтр в условиях полной призмной компенсации угла косоглазия (при его наличии) и оптимальной коррекции аметропии. При подборе призм добивались отсутствия уставочных движений при одностороннем cover-тесте [6, 7].

При помощи компьютерных программ, разработанных М.В. Жмуровым, использовали следующие режимы предъявления стимулов: 1) режим простого

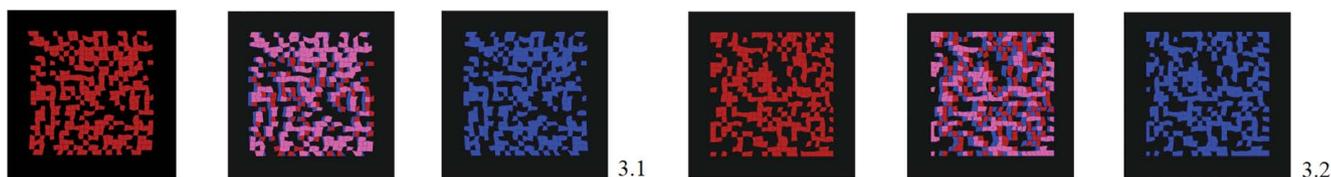


Рис. 3. Стереостимулы 3-го блока:

3.1 — случайно-точечная стереограмма, создающая эффект горизонтального цилиндра;

3.2 — случайно-точечная стереограмма, создающая эффект вертикального цилиндра

Fig. 3. Stereostimuli of the 3rd block:

3.1 — random-dot stereogram that creates the effect of a horizontal cylinder;

3.2 — random-dot stereogram that creates the effect of a vertical cylinder

монокулярного альтернирования (поочередное предъявление изображения правому и левому глазу); 2) режим с наличием «пустого» интервала (черного фона) между монокулярными фазами; 3) режим с наличием бинокулярной фазы (предъявление бинокулярного изображения, содержащего детали, соответствующие стимулу для правого и левого глаза) между монокулярными фазами. Длительность монокулярных и бинокулярной фазы, а также пустого интервала задавали произвольно в диапазоне 20–500 мс [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования было установлено, что у 23 (20,3 %) из 113 детей этой подгруппы способность к стереовосприятию полностью отсутствовала. Все эти дети имели устойчивую тотальную ФСП (монокулярное зрение). У остальных 90 детей способность к стереовосприятию проявлялась неодинаково при тестировании с разными тестовыми изображениями в разных режимах их альтернирующего предъявления.

Результаты исследования способности к стереовосприятию детей с косоглазием с тестами 1-го и 2-го блока в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов представлены в таблицах 2 и 3.

Для 1-го блока стимулов характерным было наличие стереоэффекта у детей только при предъявлении стереоизображений в режиме с «пустым» интервалом длительностью от 20 до 70 мс в сочетании с длительностью монокулярных фаз от 30 до 90 мс. При этом наибольшее количество детей (от 61,9 до 79,6 % для разных стимулов 1-го блока), способных к стереовосприятию, выявляли в режиме с длительностью пустого интервала 30–60 мс и с длительностью монокулярных фаз 30–60 мс.

Результаты со стимулами 2-го блока отличались тем, что 25 (22,1 %) детей со стимулами 2.1 и 2.2, а также 10 (8,8 %) детей со стимулом 2.4 были способны к стереовосприятию в режиме простого альтернирования (соответствует в таблице нулевому значению длительности «пустого» интервала). Стереоэффект с периферически расположенными полосками мог возникнуть у этих детей, несмотря на подавление восприятия деталей центрального элемента (в виде отсутствия одной из полосок на центральном кружке). При этом наибольшее

количество детей, способных к стереовосприятию, выявляли при использовании режима с «пустым» интервалом длительностью 30–60 мс при длительности монокулярных фаз 40–60 мс.

При исследовании со случайно-точечными тестовыми изображениями (3.1 и 3.2) никто из детей этой группы не проявил способность к стереовосприятию.

Наши наблюдения показали, что наиболее благоприятные условия для совместной работы глаз развиваются в режиме альтернирующего предъявления стимулов с наличием пустого интервала между монокулярными фазами. В целом это согласуется с результатами исследования, проведенного в группе пациентов с амблиопией (в том числе дисбинокулярной) [10, 11]. Авторы использовали магнитоэнцефалографию в комбинации с дихоптической зрительной стимуляцией (предъявлением отличающихся деталями стимулов правому и левому глазу) у пациентов с амблиопией. Было отмечено запаздывание интерокулярных процессов приблизительно на 20 мс в группе пациентов с дисбинокулярной амблиопией по сравнению с показателями контрольной группы. Отмечено также снижение бинокулярного взаимодействия у пациентов с дисбинокулярной амблиопией при частоте дихоптической стимуляции более 3 Гц [10]. Можно предположить, что при наличии пустого интервала между поочередными монокулярными предъявлениями стимулов уменьшается ингибирующее влияние фиксирующего глаза на косящий глаз.

Интересным фактом является более вероятное возникновение у обследованных детей стереоэффекта, создаваемого периферическими элементами по сравнению с центрально расположенными. Вероятно, процесс функционального торможения зрительной информации, идущей от центральной зоны сетчатки косящего глаза, препятствует возникновению стереоэффекта, создаваемого центрально расположенными элементами изображения. При этом нужно учитывать, что функциональное торможение является активным процессом, имеющим сложную пространственно-временную структуру [3, 12]. Можно предположить, что неустойчивое неглубокое торможение зрительной информации, идущей от относительно периферических зон сетчатки (нейтрализация), у тех же пациентов не является серьезным

Таблица 2. Распределение детей с косоглазием ($n = 90$) в зависимости от длительности монокулярных фаз (МФ) и «пустого» интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 1-го блока (абсолютное число детей)

Table 2. Distribution of children with strabismus ($n = 90$) depending on the duration of monocular phases (MF) and “empty” interval (PI) at which they are capable of stereo perception with stimuli of the 1st block (absolute number of children)

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms						
	70	60	50	40	30	20	0
Стимул 1.1 / Stimulus 1.1							
90		10	10	10	15	5	
80		38	40	40	27	5	
70	45	53	65	65	38	7	
60	46	51	85	80	45	12	
50	43	52	85	80	57	15	
40	45	57	70	75	37	15	
30		36	30	25	25	7	
Стимул 1.2 / Stimulus 1.2							
90		9	10	10	12	3	
80		38	40	40	27	5	
70	25	53	65	65	38	8	
60	46	65	80	80	45	12	
50	44	52	90	83	57	15	
40	41	57	70	75	37	13	
30		36	30	27	25	7	
Стимул 1.3 / Stimulus 1.3							
90			3	9	9		
80		8	40	40	27	5	
70	5	43	50	50	35	8	
60	7	45	65	60	45	10	
50	9	52	70	63	57	6	
40	3	57	70	63	37	6	
30		36	30	27	25		
Стимул 1.4 / Stimulus 1.4							
90			3	9	9		
80		8	40	40	27	5	
70	5	43	50	50	35	8	
60	9	45	55	55	45	10	
50	9	52	72	65	57	7	
40	7	57	70	75	37	6	
30		36	35	29	25		

препятствием для появления стереоэффекта за счет периферической фузии (слияния) стимулов, предъявляемых в режиме альтернирования.

Необходимо учитывать также возможное влияние разных путей передачи зрительной информации: парвоцеллюлярного — для передачи информации о случайно-точечных стимулах и магноцеллюлярного — о более простых линейных изображениях. У детей с нарушениями с ФСП может в большей степени поражаться парвоцеллюлярный путь при сохранности магноцеллюлярного [2, 13].

Кроме того, различия в легкости формирования стереообраза со стимулами, обладающими разными

характеристиками, можно объяснить различной степенью участия бинокулярных подсистем. В восприятии более простых стереостимулов с линейными элементами могут принимать согласованное участие все бинокулярные подсистемы, а восприятие случайно-точечных стереограмм обеспечивается работой только чисто бинокулярной подсистемой (ЧБС) [14]. Вероятно, отсутствие стереоэффекта со случайно-точечными стереограммами во всех режимах предъявления стимулов у детей с ФСП может свидетельствовать о полном отсутствии у них участия ЧБС в системе пространственного зрения.

Таким образом, наши результаты свидетельствуют о том, что даже у пациентов с ФСП

Таблица 3. Распределение детей с косоглазием ($n = 90$) в зависимости от длительности монокулярных фаз (МФ) и «пустого» интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 1-го блока (абсолютное число детей)

Table 3. Distribution of children with strabismus ($n = 90$) depending on the duration of monocular phases (MF) and “empty” interval (EI) at which they are capable of stereo perception with stimuli of the 2nd block (absolute number of children)

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms						
	70	60	50	40	30	20	0
Стимул 2.1 / Stimulus 2.1							
90		2	12	15	13	8	1
80		8	55	50	46	35	21
70	5	43	67	68	48	38	15
60	9	55	83	85	45	35	17
50	9	62	88	75	57	49	25
40	7	65	80	75	47	43	15
30		36	35	29	35	30	
20		3	3	4	3		
Стимул 2.2 / Stimulus 2.2							
90		2	12	15	21	15	7
80		8	55	50	46	25	23
70	5	55	75	78	48	31	25
60	9	75	90	90	65	12	19
50	12	69	90	90	77	13	10
40	13	70	80	79	37	10	9
30	13	36	35	29	35	10	
20	13	3	3	4	3		
Стимул 2.3 / Stimulus 2.3							
90			3	9	5		
80		3	55	50	46	5	
70		55	75	78	48	8	2
60		50	73	70	65	10	5
50		55	85	70	77	10	5
40		55	68	79	37	10	3
30		16	35	29	35	9	
20				4	3		
Стимул 2.4 / Stimulus 2.4							
90		2	10	9	5		
80		8	55	50	46	5	
70	5	55	75	78	48	8	5
60	9	75	78	80	65	12	9
50	12	69	83	80	77	13	10
40	13	70	80	79	37	10	9
30	9	36	35	29	35	9	
20	9	3	3	4	3		

при содружественном косоглазии возможно стереовосприятие в условиях альтернирующего предъявления стимулов с определенными характеристиками. При этом наиболее вероятным является появление стереоэффекта со стимулами, содержащими периферические линейные элементы, предъявляемыми в альтернирующем режиме с наличием пустого интервала между монокулярными фазами.

Полученные в нашем исследовании данные представляются перспективными для дальнейшей разработки способов развития и восстановления бинокулярного и стереозрения у пациентов с косоглазием.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Рычкова С.И. — сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций, анализ полученных результатов, написание текста;
Лихванцева В.Г. — концепция исследования; анализ полученных результатов, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Кашченко Т.П., Райгородский Ю.М., Корнюшина Т.А. Функциональное лечение при косоглазии, амблиопии, нарушениях аккомодации. Методы и приборы. М.: «ИИЦ СГМУ»; 2016. 163 с. [Kashchenko T.P., Raigorodskii Yu.M., Kornushina T.A. Functional treatment for strabismus, amblyopia, and accommodation disorders. Methods and devices. Moscow: «IIC SGMU» Publ.; 2016. 163 p. (In Russ.).]
2. Espinasse-Berrod M.-A. Strabologie: approches diagnostique et therapeutique. Paris.: Elsevier Masson; 2018. 400 p.
3. Chaumont P. L'inhibition a la lecture de Hamburger. *J. Fr. Orthoptique*. 1995;27:27–36.
4. Григорян А.Ю., Аветисов Э.С., Кашченко Т.П., Ячменева Е.И. Применение жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций. *Вестник офтальмологии*. 1999;1:27–29. [Grigoryan A.Yu., Avetisov E.S., Kashchenko T.P., Yachmeneva E.I. Application of liquid crystal glasses for research and restoration of binocular functions. *Annales of ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 1999;1:27–29 (In Russ.).]
5. Рожкова Г.И., Лозинский И.Т., Грачева М.А. Функциональная коррекция нарушения бинокулярного зрения: преимущества использования новых компьютерных технологий. *Сенсорные системы*. 2015;2:99–121. [Rozhkova G.I., Lozinskiy I.T., Gracheva M.A. Functional correction of impaired binocular vision: benefits of using novel computer-aided systems. *Sensory systems = Sensornyye systemy*. 2015;2:99–121 (In Russ.).]
6. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Результаты использования альтернирующего предъявления стимулов в ортоптическом лечении детей. *Офтальмохирургия*. 2019;2:50–58. [Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. The results of the use of alternating presentation of the stimuli in orthoptic treatment in children. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery = Oftal'mokhirurgiya*. 2019;2:50–58 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2019-2-50-58
7. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Применение модифицированного теста Баголини в диагностике нарушений бинокулярного зрения. *Офтальмология*. 2020;3:435–441. [Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Application of the Modified Bagolini Test in the diagnosis of binocular vision disorders. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2020;3:435–441 (In Russ.).] DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3-435-441
8. Rychkova S., Ninio J. Alternation frequency thresholds for stereopsis as a technique for exploring stereoscopic difficulties. *i-Perception*. 2011;2(1):50–68. DOI: 10.1068/i0398
9. Ninio J., Rychkova S. Stereoscopic memory when stimuli no longer persist: Void and binocular intervals in alternating monocular presentations. *Optometry: Open Access*. 2016;1(2):1–10. DOI: 10.4172/2476-2075.1000104
10. Chadnova E., Reynaud A., Clavagnier S., Hess R.F. Latent binocular function in amblyopia. *Vision Research*. 2017;140:73–80. DOI: 10.1016/j.visres.2017.07.014
11. Levi D.M., Knill D.C., Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Research*. 2015;114:17–30. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.002
12. Economides J.R., Adams D.L., Horton J.C. Perception via the deviated eye in strabismus. *Journal of Neuroscience*. 2012;32(30):10286–10295. DOI: 10.1523/jneurosci.1435-12.2012
13. Menz M.D., Freeman R.D. Stereoscopic depth processing in the visual cortex: a coarse-to-fine mechanism. *Nature Neuroscience*. 2003;6(1):59–65. DOI: 10.1038/nn986
14. Рожкова Г.И., Плосконос Г.А. Множественность механизмов бинокулярного синтеза и их избирательные нарушения при косоглазии. *Сенсорные системы*. 1988;2:167–176. [Rozhkova G.I., Ploskonos G.A. Multiple mechanisms of binocular synthesis and their selective disorders in strabismus. *Sensory systems = Sensornyye systemy*. 1988;2:167–176 (In Russ.).]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН
Кафедра глазных болезней, Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»» Федерального медико-биологического агентства России

Рычкова Светлана Игоревна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, ведущий научный сотрудник лаборатории «Зрительные системы»

Большой Каретный переулок, 19, Москва, 127051, Российская Федерация
ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

ФГБУ «Государственный научный центр «Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»» Федерального медико-биологического агентства России

Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России
Лихванцева Вера Геннадьевна

доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация
ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of the RAS
Department of eye diseases of the Biomedical University of Innovation and Continuing Education of Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Russia

Rychkova Svetlana I.
PhD, ophthalmologist, leading researcher of the laboratory of vision physiology
Bolshoy Karetny lane, 19, Moscow, 127051, Russian Federation
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia
Likhvantseva Vera G.

MD, Professor
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation
Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation