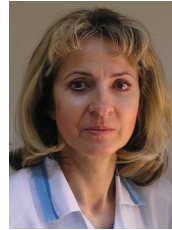


# Результаты использования разных режимов предъявления стереостимулов в исследовании стереозрения у детей в норме и при содружественном косоглазии без функциональной скотомы подавления

С.И. Рычкова<sup>1,2</sup>В.Г. Лихванцева<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Большой Наретный пер., 19, Москва, 127051, Российская Федерация

<sup>2</sup> 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

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

<sup>4</sup> 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):296–308

Работа посвящена одной из актуальных проблем современной офтальмологии — созданию эффективных методов исследования стереозрения. **Цель** — сравнительный анализ способности к стереовосприятию при использовании разных режимов альтернирующего предъявления стереостимулов с различными характеристиками у детей с косоглазием и у детей без офтальмопатологии. **Пациенты и методы.** Наблюдали 294 ребенка школьного возраста — 167 детей контрольной группы (без офтальмопатологии) и 127 детей без функциональной скотомы подавления (ФСП). Были использованы стереостимулы с различными характеристиками в следующих режимах предъявления: 1) режим простого монокулярного альтернирования (последовательное предъявление изображения правому 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 левого глаза) между монокулярными фазами. **Результаты.** Установлено, что большинство детей с содружественным косоглазием, не способных к стереовосприятию по данным классических Fly-test и Lang-test, могут воспринимать стереозффект при альтернирующем предъявлении стереостимулов в пределах индивидуальных диапазонов длительности монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала. У детей контроля при переходе от режима простого альтернирования к режиму с «пустым» интервалом максимальная длительность монокулярных фаз, при которых сохранялся стереозффект, уменьшались, а при переходе к режиму с бинокулярной фазой значительно увеличивались. У детей с косоглазием так же, как и у детей контрольной группы, линейные изображения оказались более легкими для стереовосприятия, чем случайно-точечные ( $p < 0,001$ ); стимулы, создающие эффект фронтально-параллельного разделения деталей, воспринимались лучше, чем создающие эффект наклона или разворота ( $p < 0,001$ ); стимулы, создающие эффект наклона вертикальных полосок, воспринимались легче, чем создающие эффект разворота горизонтальных полосок ( $p < 0,001$ ). Между тем, в отличие от детей контрольной группы, у пациентов с косоглазием стереозффект формируется легче при периферическом, чем при центральном расположении линейных деталей. **Заключение.** Использование компьютерных программ с разными режимами альтернирующего предъявления стереостимулов с определенными характеристиками позволяет эффективно оценивать индивидуальные способности к стереовосприятию, что необходимо для персонализированного подхода к выбору зрительных стимулов и режимов их предъявления в функциональном лечении пациентов с содружественным косоглазием.

**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 без функциональной скотомы подавления. *Офтальмология.* 2021;18(2):296–308. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-296-308>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



# Results of Using Different Modes of Presentation of Stereostimuli in the Study of Stereo Vision in Normal Children and in Children with Non-Paralytic Strabismus without Functional Scotoma

S.I. Rychkova<sup>1,2</sup>, V.G. Likhvantseva<sup>3,4</sup>

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

<sup>2</sup> 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

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

<sup>4</sup> 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):296–308

The work is devoted to one of the actual problems of current ophthalmology — creating effective methods of studying stereovision. **The purpose** — comparative analysis of the capability of stereoperception under conditions of using different regimes of alternating presentation of stereo stimuli with different characteristics in children with strabismus and in children without ophthalmopathy. **Patients and methods.** 294 school children — 167 children of the control group (without ophthalmopathy) and 127 children with non-paralytic strabismus without functional scotoma (FSS) 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 and 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 the majority of children with non-paralytic strabismus, who are incapable of stereoperception with the classic Fly-test and Lang-test, can perceive the stereoeffect with alternating presentation of stereostimuli within individual ranges of durations of monocular phases, a binocular phase and an “empty” interval. In children of the control group when switching from the simple alternation regime to the “empty” interval regime the maximal durations of monocular phases, which preserved the stereoeffect, decreased and when switching to the binocular phase regime they significantly increased. In children with strabismus linear images are simpler for stereoperception than random-dot images as well as in children of the control group ( $p < 0.001$ ); stimuli creating the effect of the frontoparallel separation of details get perceived better than those creating the decline effect or the turning effect ( $p < 0.001$ ); stimuli creating the effect of the vertical stripes decline get perceived better than those creating the effect of the horizontal stripes turning ( $p < 0.001$ ). However, as opposed to the children of the control group, in children with strabismus the stereoeffect gets formed better under conditions of the peripheral localization of linear details than under conditions of the central one. **Conclusion.** Using computer programs with different regimes of alternating presentation of stereostimuli with certain characteristics allows to effectively evaluate individual capability of stereoperception which is necessary for the personalized approach to the selection of visual stimuli and stimuli presentation regimes in functional treatment of patients with non-paralytic strabismus.

**Keywords:** stereovision, alternating stimuli presentation, strabismus

**For citation:** Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Results of Using Different Modes of Presentation of Stereostimuli in the Study of Stereo Vision in Normal Children and in Children with Non-Paralytic Strabismus without Functional Scotoma. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(2):296–308. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-296-308>

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

**There is no conflict of interests**

## ВВЕДЕНИЕ

Стереозрение является наиболее совершенным проявлением успешной работы бинокулярного зрительного механизма. Оно позволяет оценить рельефность объектов и протяженность пространства на основе бинокулярных параллаксов при наблюдении реальной пространственной картины и при раздельном предъявлении правому и левому глазу изображений, составляющих стереограмму [1, 2].

Особенно большое значение в жизни современного человека стереозрение приобретает в связи активным использованием стереотехнологий в различных областях

производственной, научной и учебной деятельности. Отсутствие бинокулярного и стереозрения может ограничивать выбор профессии и стать серьезным препятствием для занятий профессиональным спортом [3, 4].

Наиболее выраженным проявлением бинокулярных нарушений является косоглазие — вызванное различными причинами отклонение зрительной оси одного из глаз от общей точки фиксации, сопровождающееся нарушением зрительных функций [5, 6].

В функциональном лечении содружественного косоглазия активно используют принцип альтернирующего предъявления стимулов, в том числе с использованием компьютерных технологий [7–9]. При этом, несмотря

S.I. Rychkova, V.G. Likhvantseva

Contact information: Rychkova Svetlana I. lana.rych@mail.ru

297

на достигнутые успехи, остается актуальной проблема индивидуального выбора режима, длительности альтернирующего предъявления и характеристик зрительных стимулов.

Результаты, полученные в наших предыдущих исследованиях, демонстрировали возможность стереовосприятия у детей с косоглазием при альтернирующем предъявлении стереостимулов [10–12].

**Цель** данной работы — сравнительный анализ способности к стереовосприятию при использовании разных режимов альтернирующего предъявления стереостимулов с различными характеристиками у детей без офтальмопатологии и у детей с содружественным косоглазием без явлений функционального торможения зрительной информации от косящего глаза.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находились 294 ребенка школьного возраста — 127 с содружественным косоглазием и 167 детей контрольной группы.

У всех детей контрольной группы (без офтальмопатологии) в возрасте от 7 до 17 лет (в среднем  $11,04 \pm 0,26$ ) выявлялись эметропическая рефракция, бинокулярный характер зрения, наличие стереозрения по Lang-тесту и Fly-тесту. Острота зрения лучше видящего глаза (ЛВГ) составляла  $1,08 \pm 0,01$ , острота зрения хуже видящего глаза (ХВГ) —  $1,02 \pm 0,005$ .

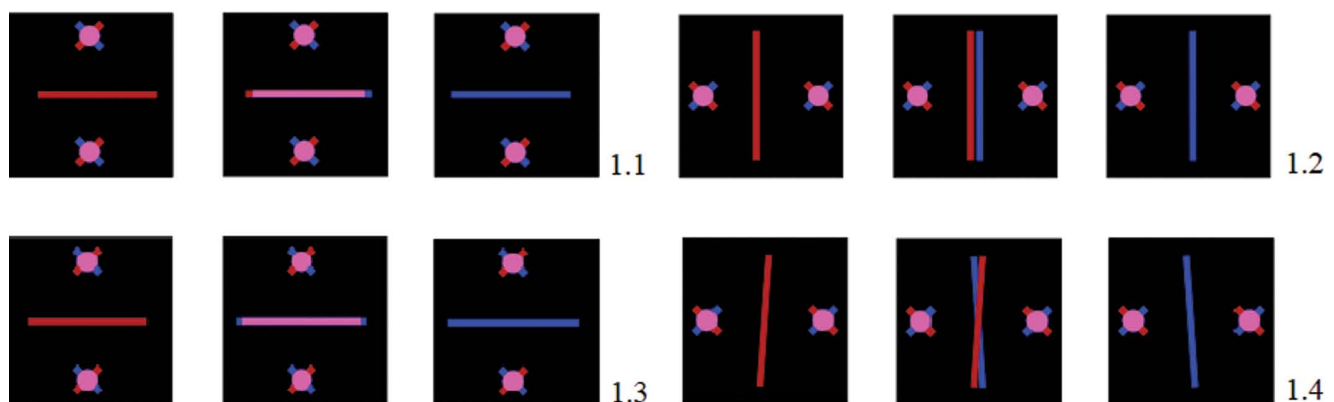
Группа из 127 детей с содружественным косоглазием в возрасте от 7 до 17 (в среднем  $11,3 \pm 0,3$ ) лет включала 97 детей со сходящимся и 30 — с расходящимся косоглазием. Острота зрения ЛВГ составляла в среднем  $0,88 \pm 0,01$ , острота зрения ХВГ —  $0,77 \pm 0,02$ . По результатам исследования корреспонденции

сетчаток с четырехточечным цветотестом и модифицированным тестом Баголини (ТБМ) под объективным углом косоглазия бинокулярное зрение в данной группе выявляли у 78 (61,4 %) детей, неустойчивое бинокулярное зрение, чередующееся с диплопией, — у 27 (21,3 %) детей, диплопия — у 22 (17,3 %) детей [9]. Стереозрение как по Fly-test, так и по Lang-test отсутствовало у всех детей этой группы, в том числе у 35 (27,6 %) с ортотропией и бинокулярным зрением, достигнутыми в результате хирургического и/или функционального лечения.

На основе стереоизображений, созданных J. Ninio [11, 12], нами была разработана серия стереостимулов с разными характеристиками: 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).

Размер изображения на экране компьютера составлял  $10 \times 10$  см, диаметр объекта для слияния (лилового кружка с проходящими через него синей и красной полоской) — 1 см. В изображениях с периферическим и центральным расположением вертикальных или горизонтальных полосок, создающих стереоэффект, они располагались на расстоянии 3,5 см с каждой стороны от центрально расположенного объекта для слияния. Зрительные стимулы были созданы в графической программе Corel, цветовые характеристики красных деталей — R 255, G 0, B 0, синих — R 0, G 0, B 255, лиловых — R 215, G 102, B 162.

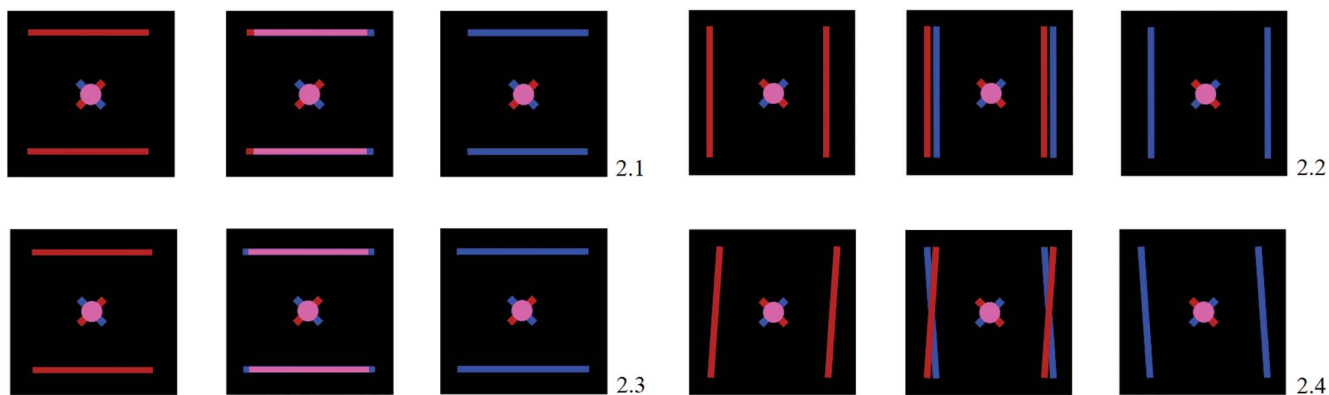


**Рис. 1.** Стереостимулы 1-го блока:

- 1.1 — стимул, создающий эффект фронтпараллельного разделения центральной горизонтальной полоски и периферических элементов;
- 1.2 — стимул, создающий эффект фронтпараллельного 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

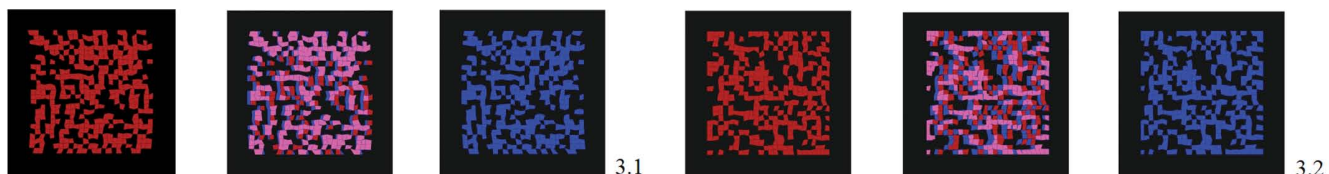


**Рис. 2.** Стереостимулы 2-го блока:

- 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



**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

Зрительные стимулы предъявляли детям на экране монитора с расстояния 50 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 установочных движений при обратном cover-тесте.

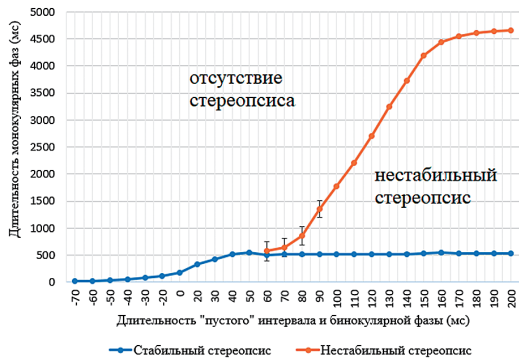
Использовали следующие режимы предъявления стимулов (при помощи компьютерных программ, разработанных М.В. Жмуровым): 1) режим простого монокулярного альтернирования (поочередное предъявление изображения правому и левому глазу); 2) режим с наличием «пустого» интервала (черного фона) между монокулярными фазами; 3) режим с наличием бинокулярной фазы (предъявления бинокулярного изображения, содержащего детали, соответствующие стимулу для правого и левого глаза) между монокулярными фазами. Длительность монокулярных и бинокулярной фаз, а также пустого интервала задавали произвольно в диапазоне 20–500 мс [9, 10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

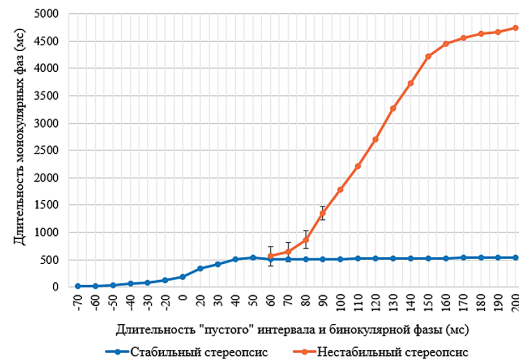
На первом этапе стереовосприятие изучали в контрольной группе детей при использовании разных режимов предъявления стереостимулов.

Результаты исследования представлены на графиках (рис. 4–6).

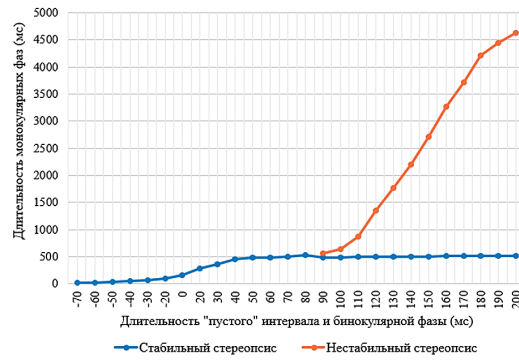
На всех графиках по оси абсцисс нулевое значение соответствует режиму простого альтернирования, отрицательные значения показывают длительность «пустого» интервала, а положительные значения — длительность бинокулярной фазы. По оси ординат указана длительность монокулярных фаз. На всех графиках значения синей кривой показывают верхнюю границу средних значений длительности монокулярных фаз, при которых у испытуемого сохраняется стабильный стереобраз. Красная кривая демонстрирует верхнюю границу средних значений длительности монокулярных фаз, при которых в режиме с наличием бинокулярной фазы между монокулярными наблюдается нестабильный



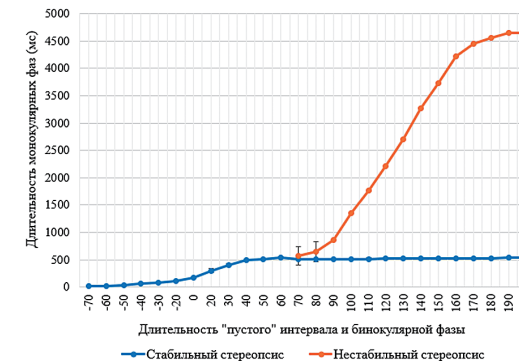
1.1



1.2



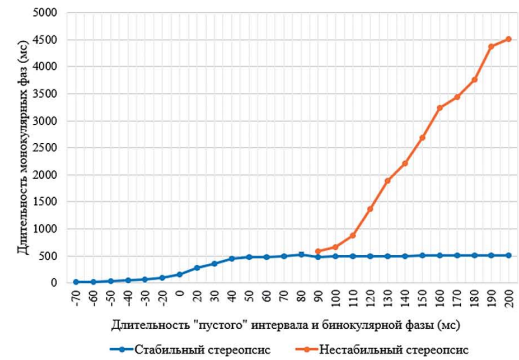
1.3



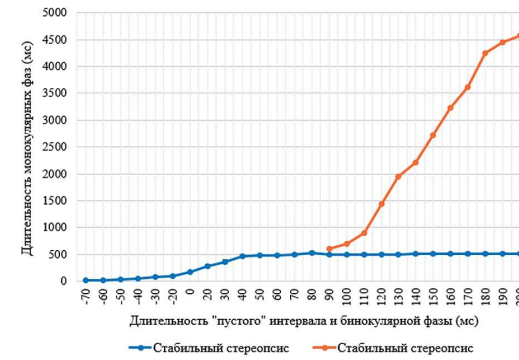
1.4

**Рис. 4.** Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала, при которых было возможно стереовосприятие у детей контрольной группы для 1-го блока стимулов

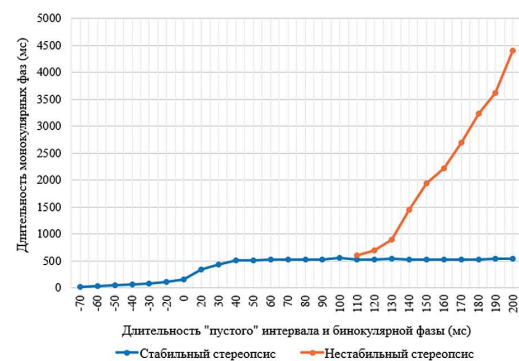
**Fig. 4.** Average values of durations of monocular phases, binocular phase and “empty” interval, at which stereo perception was possible in children of the control group for the 1st block of stimuli



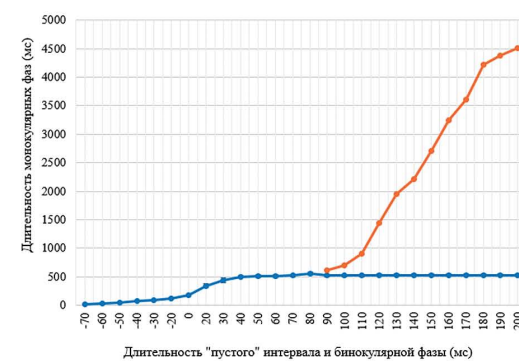
2.1



2.2



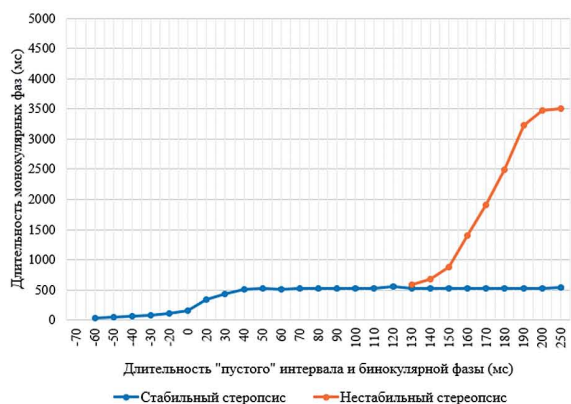
2.3



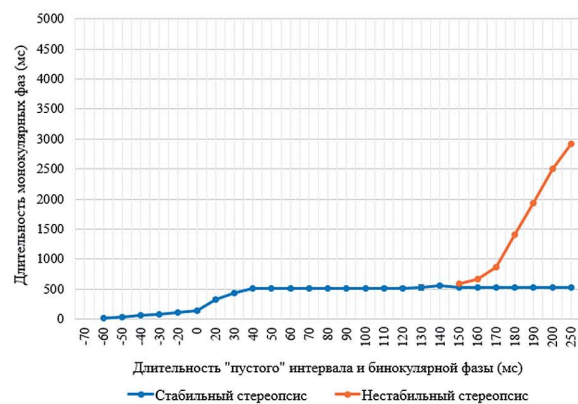
2.4

**Рис. 5.** Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала, при которых было возможно стереовосприятие у детей контрольной группы для 2-го блока стимулов

**Fig. 5.** Average values of durations of monocular phases, binocular phase and “empty” interval, at which stereo perception was possible in children of the control group for the 2nd block of stimuli



3.1



3.2

**Рис. 6.** Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала, при которых было возможно стереовосприятие у детей контрольной группы для 3-го блока стимулов

**Fig. 6.** Average values of durations of monocular phases, binocular phase and “empty” interval, at which stereo perception was possible in children of the control group for the 3rd block of stimuli

стереопсис — чередование восприятия объемного (во время бинокулярной фазы) и плоского (во время монокулярных фаз) изображения.

Так, например, для стимула 1.1 максимальная длительность монокулярных фаз (МФ тах), при которой сохранялось стабильное стереовосприятие в режиме простого альтернирования, составляла в среднем  $182,7 \pm 14,7$  мс.

При переходе к режиму с «пустым» интервалом наблюдали уменьшение МФ тах, при которой еще возможно стереовосприятие. Даже при минимальной длительности «пустого» интервала (20 мс) отмечали уменьшение МФ тах в среднем до  $112,3 \pm 9,8$  мс. При увеличении «пустого» интервала до 60 мс МФ тах снижалась в среднем до  $26,6 \pm 7,5$  мс. Увеличение «пустого» интервала до 70 мс приводило к отсутствию стереопсиса у 60 (35,9 %) детей при любой длительности монокулярных фаз, а у остальных детей стереопсис наблюдали только при минимальной длительности монокулярных фаз (20 мс).

Введение бинокулярной фазы между монокулярными приводило, наоборот, к значительному увеличению МФ тах. Так, при использовании бинокулярной фазы длительностью 20 мс МФ тах увеличивалась в среднем до  $334,3 \pm 14,7$  мс ( $\approx$  в 2 раза по сравнению с режимом простого альтернирования). Наибольшая длительность монокулярных фаз (в среднем  $542,8 \pm 26,4$  мс) при условии сохранения стабильного стереопсиса имела место при длительности бинокулярной фазы 50 мс. Увеличение длительности бинокулярной фазы до 60 мс сопровождалось у всех детей «бифуркацией» характера стереовосприятия: стабильный стереопсис наблюдался при длительности монокулярных фаз в среднем до  $507,6 \pm 16,7$  мс и нестабильный стереопсис (чередование восприятия объемного во время бинокулярной фазы и плоского изображения во время монокулярных фаз) при длительностях монокулярных фаз от  $507,6 \pm 16,7$  до  $578,3 \pm 20,3$  мс. При большей длительности монокулярных фаз изображение воспринималось только как плоское (стереопсис

отсутствовал). Дальнейшее увеличение длительности бинокулярной фазы сопровождалось небольшим увеличением максимальной длительности монокулярных фаз, при которых сохранялся стабильный стереопсис. Максимальная длительность монокулярных фаз «на границе» между нестабильным стереопсисом и полным отсутствием стереовосприятия значительно увеличивалась при небольшом увеличении длительности бинокулярной фазы. Длительность монокулярных фаз более 4700 мс в сочетании с бинокулярной фазой длительностью менее 200 мс оказывала «разрушающее» действие на стереопсис. При длительности бинокулярной фазы более 200 мс и монокулярной фазы более 4700 мс стереобраз воспринимался испытуемыми в период бинокулярной фазы, исчезал в период монокулярной фазы и вновь появлялся в бинокулярную фазу.

Для остальных тестовых изображений графики имели ту же закономерность, но отличались конкретными значениями представленных результатов. Наиболее важные значения результатов, полученных для каждого тестового изображения, представлены в таблице 1.

Для анализа особенностей стереовосприятия со стимулами, обладающими разными характеристиками, провели сравнение средних значений МФ тах для разных стимулов. В результате анализа было установлено, что для стимулов 1.1 и 1.2 показатели в режиме простого альтернирования были сопоставимы ( $p = 0,064$ ), а в других режимах средние значения МФ тах для стимула 1.1 были достоверно больше, чем для 1.2. ( $p < 0,001$ ). При этом считали, что МФ тах, при которых еще сохраняется стереоэффект, характеризуют легкость формирования и устойчивости стереобраза. При сравнении тестовых изображений 1.3 и 1.4 нужно отметить, что средние значения МФ тах для стимулов, создающих эффект наклона центральной вертикальной полосы, достоверно превышают показатели стимулов, создающих эффект разворота центральной горизонтальной полосы во всех используемых режимах ( $p < 0,001$ ).

**Таблица 1.** Средние значения максимальной длительности монокулярных фаз ( $M \pm \sigma$  (мс)), при которых возможно стереовосприятие у детей контрольной группы ( $n = 167$ ) в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов

**Table 1.** Average values of the maximum duration of monocular phase ( $M \pm \sigma$  (ms)), at which stereo perception is possible in children of the control group ( $n = 167$ ) in different modes of alternating presentation of stimuli

Стимулы Stimuli	Режимы предъявления стимулов / Modes of stimuli presentation		
	режим простого альтернирования simple alternation mode	режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности, мс) mode with an "empty" interval (at its maximum duration, ms)	режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, мс) mode with binocular phase (at its maximum duration, ms)
1.1	182,7 $\sigma$ 14,7	26,6 $\sigma$ 7,5 (60)	542,8 $\sigma$ 26,4 (50)
1.2	185,6 $\sigma$ 15,6	23,8 $\sigma$ 6,1 (60)	535,4 $\sigma$ 19,4 (50)
1.3	158,1 $\sigma$ 13,2	21,2 $\sigma$ 3,2 (60)	522,9 $\sigma$ 22,3 (80)
1.4	169,0 $\sigma$ 11,3	23,2 $\sigma$ 6,2 (60)	544,1 $\sigma$ 17,8 (60)
2.1	163,0 $\sigma$ 12,3	20,5 $\sigma$ 2,2 (60)	529,6 $\sigma$ 37,9 (80)
2.2	165,6 $\sigma$ 11,2	21,9 $\sigma$ 4,8 (60)	525,7 $\sigma$ 29,0 (80)
2.3	160,3 $\sigma$ 15,4	27,1 $\sigma$ 7,5 (60)	553,3 $\sigma$ 23,2 (100)
2.4	175,0 $\sigma$ 13,9	31,7 $\sigma$ 5,9 (60)	556,2 $\sigma$ 34,8 (80)
3.1	155,7 $\sigma$ 13,3	42,6 $\sigma$ 7,3 (50)	560,6 $\sigma$ 32,9 (120)
3.2	139,5 $\sigma$ 17,3	34,6 $\sigma$ 6,5 (50)	555,1 $\sigma$ 39,3 (140)

Показатели для стимула 1.1 достоверно больше, чем для 1.3 ( $p < 0,001$ ). Такую же закономерность наблюдали при сравнении результатов для стимулов 1.2 и 1.4 во всех режимах, кроме режима с «пустым» интервалом (в этом режиме результаты сопоставимы) ( $p = 0,39$ ).

Для стимулов 2.1 и 2.2 2-го блока установлено, что средние значения МФ тах в режиме с бинокулярной фазой сопоставимы ( $p = 0,31$ ), в других режимах показатели для стимула 2.2 достоверно превышали параметры 2.1 ( $p = 0,03$ ). Для стимулов 2.3 и 2.4 показатели сопоставимы в режиме с бинокулярной фазой ( $p = 0,38$ ), а в других режимах показатели для стимула 2.4 достоверно превышали параметры стимула 2.3 ( $p < 0,001$ ). Результаты для стимулов 2.1 и 2.3 в режиме простого альтернирования и в режиме с бинокулярной фазой были сопоставимы ( $p = 0,085$  и  $p = 0,31$ ). Средние значения МФ тах, обеспечивающие нестабильный стереопсис, оказались достоверно выше для 2.3, но при большей длительности бинокулярной фазы (110 мс), чем для стимула 2.1 (90 мс). Показатели для стимула 2.4 были достоверно выше, чем для 2.2 ( $p < 0,001$ ).

Заметим, что при сравнении результатов для стимулов 3-го блока средние значения МФ тах для стимулов, создающих эффект горизонтального цилиндра (3.1), достоверно превышали значения вертикального цилиндра (3.2) в режиме простого альтернирования и в режиме с «пустым» интервалом ( $p < 0,001$ ). В режиме с бинокулярной фазой значения для стимулов 3.1 и 3.2 были сопоставимы ( $p = 0,16$ ).

При сравнении показателей для стимулов из разных блоков было установлено, что средние значения МФ тах для стимулов с фронтальнопараллельным разделением были достоверно выше при центральном расположении полосок (как горизонтальных, так и вертикальных), чем при периферическом, во всех используемых режимах

( $p < 0,001$ ). При сравнении результатов для стимулов с эффектом разворота горизонтальных или наклона вертикальных полосок выявляли достоверно более высокие значения при периферическом расположении полосок по сравнению с центральным во всех режимах ( $p < 0,001$ ). Исключение составляли только сопоставимые значения для стимулов 1.3 и 2.3 в режиме простого альтернирования. Показатели для стимулов 1.1 и 1.2 достоверно превышали значения для стимулов 3.1 и 3.2 почти во всех режимах предъявления ( $p < 0,001$ ).

На втором этапе работы исследовали способность к стереовосприятию у детей с содружественным косоглазием.

Для этого вначале определяли длительность монокулярных фаз в режиме простого альтернирования, при которой у детей данной группы сохранялась способность к стереовосприятию. Результаты измерений представлены в таблице 2.

У детей с косоглазием способность к стереовосприятию выявлялась в пределах диапазона между максимальной (МФ тах) и минимальной (МФ min) длительностью монокулярных фаз, в отличие от детей контрольной группы, у которых можно было определить только максимальную длительность монокулярных фаз. Все дети контрольной группы были способны к стереовосприятию как при минимальной длительности монокулярных фаз, так и при статичном предъявлении стимулов.

Было проведено сравнение результатов, полученных при предъявлении разных стимулов в режиме простого альтернирования детям с косоглазием. При анализе результатов для стимулов 1-го блока отмечали достоверно более высокие значения МФ тах и диапазона между МФ тах и МФ min для стимула 1.2 по сравнению со стимулом 1.1 ( $p < 0,001$ ). Показатели МФ тах и диапазона были достоверно выше для стимула 1.1, чем для стимула 1.3

**Таблица 2.** Длительность монокулярных фаз, при которых возможно стереовосприятие у детей с косоглазием в режиме простого альтернирования стереостимулов**Table 2.** Duration of monocular phase in which stereo perception is possible in children with strabismus in the mode of simple alternation of stereo stimuli

Стимулы Stimuli	Дети с содружественным косоглазием (n = 127) / Children with strabismus		
	МФ max, M ± σ (мс) / MF max, M ± σ (ms)	МФ min, M ± σ (мс) / MF min, M ± σ (ms)	МФ диапазон, M ± σ (мс) / MF range, M ± σ (ms)
1.1	100,87 σ 15,37	35,83 σ 7,98	65,04 σ 17,65
1.2	135,75 σ 13,49	33,1 σ 8,28	102,68 σ 15,24
1.3	85,35 σ 12,54	41,18 σ 9,61	44,17 σ 9,92
1.4	94,1 σ 15,02	37,16 σ 9,3	56,93 σ 16,67
2.1	110,79 σ 10,84	38,66 σ 8,26	72,13 σ 12,9
2.2	142,6 σ 14,43	33,7 σ 8,58	108,9 σ 16,37
2.3	102,52 σ 12,55	44,02 σ 10,7	58,5 σ 15,68
2.4	110,71 σ 12,62	36,85 σ 7,6	73,86 σ 13,92
3.1	63,08 σ 11,36	30,68 σ 8,97	32,4 σ 5,71
3.2	54,87 σ 10	28,85 σ 7,16	26,02 σ 10,17

Примечание. МФ — длительность монокулярных фаз.  
Note. MF — duration of monocular phases.

( $p < 0,001$ ). Подобную картину наблюдали и при сравнении результатов для стимулов 1.2 и 1.4 ( $p < 0,001$ ). Следовательно, у детей данной группы, как и в контроле, стереоэффект легче возникал со стимулами, создающими эффект фронтотопараллельного разделения элементов, чем со стимулами, создающими эффект разворота или наклона центральной горизонтальной полоски.

При анализе результатов для стимулов 2-го блока установлено, что значения МФ max и величина диапазона монокулярных фаз достоверно были более высокими для стимула 2.2, чем для 2.1 ( $p < 0,001$ ). Следовательно, стереоэффект возникал легче с тестовыми изображениями, создающими эффект фронтотопараллельного разделения центрального элемента и вертикальных периферических полосок, чем горизонтальных. Показатели для стимула 2.4 достоверно превышали значения для стимула 2.3 ( $p < 0,001$ ). Стереоэффект со стимулами, создающими эффект наклона периферических вертикальных полосок, возникал легче, чем с создающими эффект разворота периферических горизонтальных полосок (так же, как и у детей контрольной группы) ( $p < 0,001$ ).

У детей с косоглазием стереоэффект возникал легче со стимулами, содержащими периферически расположенные полоски (как горизонтальные, так и вертикальные), чем центрально расположенные, так как значения МФ max и диапазонов монокулярных фаз для стимулов 2-го блока достоверно превышали аналогичные показатели для стимулов 1-го блока ( $p < 0,001$ ).

Показано также, что у детей данной группы, как и у детей в контроле, стереоэффект со стимулом, создающим эффект горизонтального цилиндра, возникает легче, чем с создающим эффект вертикального цилиндра, так как значения МФ max и диапазонов монокулярных фаз для стимула 3.1 были достоверно выше, чем для стимула 3.2 ( $p < 0,001$ ).

Результаты исследования способности к стереовосприятию у детей с косоглазием в разных режимах предъявления стимулов 1-го блока представлены в таблице 3. Ярко-зеленым цветом выделены сочетания длительностей, при которых количество детей, воспринимающих объем, составляет 100 %, светло-зеленым — сочетания длительностей, при которых количество детей, воспринимающих объем, составляет больше 80 %.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что способность к стереовосприятию у большинства детей данной группы возможна не только в режиме простого альтернирования, но и в режимах с наличием «пустого» интервала и бинокулярной фазой.

Нужно отметить, что в режиме с пустым интервалом длительности монокулярных фаз, при которых возможно стереовосприятие, уменьшаются по мере увеличения длительности пустого интервала. При длительности пустого интервала 70 мс только 12 (9,4 %) детей со стимулом 1.1 и 15 (11,8 %) детей со стимулом 1.2 были способны к стереовосприятию при длительностях монокулярных фаз 50 и 60 мс. При более длительном «пустом» интервале стереовосприятие у всех детей исчезало.

В режиме с бинокулярной фазой количество детей, способных к стереовосприятию, также уменьшалось по мере увеличения ее длительности. Сохранение стереовосприятия требовало более длительных монокулярных фаз, чем в режиме простого альтернирования, а при длительности бинокулярной фазы 70 мс не больше 15 (11,8 %) детей были способны к стереовосприятию при длительностях монокулярных фаз от 100 до 150 мс.

Результаты исследования стереовосприятия со стимулами 2-го блока представлены в таблице 4.

Результаты для тестовых изображений 1-го и 2-го блока были похожи, но, как правило, значения монокулярных длительностей, при которых у детей наблюдали



**Таблица 3.** Распределение детей с косоглазием ( $n = 127$ ) в зависимости от длительности монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) 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 ( $n = 127$ ) depending on the duration of monocular phases (MF), binocular phase (BF) and "empty" interval (EI), at which they are able to stereo perception with stimuli of the 1st block (absolute number of children)

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms							БФ, мс / BF, ms						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
<b>Стимул 1.1 / Stimulus 1.1</b>														
160						1	1	1	1	1	1	1		
150						5	1	1	1	1	1	1	1	
140					5	10	1	1	1	1	1	1	1	
130					20	23	2	2	2	2	2	2	2	
120				7	12	15	15	15	13	13	13	10	5	
110			16	32	40	50	44	47	47	47	40	36	15	
100			20	95	100	100	116	116	96	87	45	30	10	
90		10	95	120	122	122	126	126	126	100	30	22		
80		13	125	127	127	127	127	127	127	88	35	15		
70		13	127	127	127	127	127	127	127	88	29	10		
60	12	13	127	127	127	127	127	127	127	82	20			
50	12	13	127	127	127	127	126	112	112	75	20			
40		22	127	127	127	127	109	100	65	50				
30			100	127	95	88	67	92	10	5				
20					5	5	5							
<b>Стимул 1.2 / Stimulus 1.2</b>														
160							13	13	1	1	1	1		
150						5	33	30	1	1	1	1	1	
140					5	10	64	64	60	1	1	1	1	
130					20	23	94	80	80	2	2	2	2	
120				7	12	15	123	95	13	13	13	10	5	
110			17	32	40	100	127	127	125	100	47	36	15	
100			20	95	122	127	127	127	127	122	45	30	10	
90		10	95	120	127	127	127	127	127	125	30	22		
80		13	125	127	127	127	127	127	127	125	35	15		
70		13	127	127	127	127	127	127	127	122	29	10		
60	15	13	127	127	127	127	127	127	127	82	20			
50	15	13	127	127	127	127	127	122	112	75	20			
40		22	127	127	127	127	116	100	65	50				
30			95	127	127	90	80	92	10	5				
20					5	5	19							
<b>Стимул 1.3 / Stimulus 1.3</b>														
130									1	1				
120							1	5	5	5	1	1		
110							7	7	7	7	1	1		
100							30	20	18	10	8	2		
90			35	60	65	67	66	55	50	50	45	3	1	
80		10	85	115	115	115	97	90	90	85	80	20	12	
70		10	122	122	122	122	122	122	122	100	80	20	12	
60		15	127	127	127	127	127	127	127	82	82	65	12	
50		15	127	127	127	127	116	112	112	75	60	45	5	
40		22	127	127	127	90	85	76	65	12	10	5		
30			100	127	95	39	39	30	22	5				
20														

Продолжение таблицы 3

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms							БФ, мс / BF, ms						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
<b>Стимул 1.4 / Stimulus 1.4</b>														
130							4	4	4	4	3	3	1	
120						10	11	5	5	5	1	1	1	
110					12	15	24	7	7	7	2	2	1	
100				50	25	27	57	20	18	10	8	2	2	
90			35	60	65	67	94	55	50	50	45	3	2	
80		10	85	115	120	123	121	90	90	85	80	20	12	
70		10	122	122	127	127	127	122	122	100	80	20	12	
60	5	15	127	127	127	127	127	127	127	82	82	65	12	
50	5	15	127	127	127	127	127	112	112	75	60	45	5	
40		20	127	127	127	90	99	76	65	12	10	5		
30			100	120	95	39	68	30	22	5				
20				2	2	2	2							

**Таблица 4.** Распределение детей с косоглазием ( $n = 127$ ) в зависимости от длительности монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 2-го блока (абсолютное число детей)

**Table 4.** Distribution of children with strabismus ( $n = 127$ ) depending on the durations of monocular phases (MF), binocular phase (BF) and "empty" interval (EI), at which they are able to stereo perception with stimuli of the 2nd block (absolute number of children)

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms							БФ, мс / BF, ms						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
<b>Стимул 2.1 / Stimulus 2.1</b>														
150							1	1	1					
140						2	4	4	4	3				
130					3	5	9	4	4	4	3	3	1	
120					5	10	42	5	5	5	1	1	1	
110				19	12	15	85	7	7	7	2	2	1	
100			3	45	25	27	123	120	40	10	8	2	2	
90			35	60	65	121	127	127	121	50	45	3	2	
80		9	85	115	120	123	127	127	127	85	75	20	12	
70		10	122	122	127	127	127	127	127	95	75	20	12	
60	5	15	127	127	127	127	127	127	127	82	82	65	12	
50	5	15	127	127	127	127	125	112	112	75	60	45	5	
40		20	127	127	127	90	95	76	65	12	10	5		
30			95	120	95	39	51	30	22	5				
20				2	2	2								
<b>Стимул 2.2 / Stimulus 2.2</b>														
150							1	1	1	1	1			
140						2	4	4	4	4	2	2		
130					3	5	9	4	4	4	2	2		
120					5	10	42	5	5	5	1	1	1	
110				19	12	15	85	7	7	7	2	2	1	
100			3	45	25	27	123	120	40	10	8	2	2	
90			35	60	65	121	127	127	121	50	45	3	2	
80		9	85	115	120	123	127	127	127	85	75	20	12	
70		10	122	122	127	127	127	127	127	95	75	20	12	
60	5	15	127	127	127	127	127	127	127	82	82	65	12	
50	5	15	127	127	127	127	125	112	112	75	60	45	5	
40		20	127	127	127	90	95	76	65	12	10	5		
30			95	120	95	39	51	30	22	5				

Продолжение таблицы 4

МФ, мс MF, ms	ПИ, мс / EI, ms							БФ, мс / BF, ms						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
20				2	2	2								
<b>Стимул 2.3 / Stimulus 2.3</b>														
150														
140														
130							1	1						
120						12	22	5	5	5				
110					12	15	60	7	7	7	2	2	1	
100					25	27	93	97	40	10	8	2	2	
90				60	65	90	111	118	121	50	45	3	2	
80			73	115	120	122	127	127	127	85	75	20	12	
70			122	122	127	127	127	127	127	95	75	20	12	
60		3	127	127	127	127	123	121	121	82	82	65	12	
50		12	127	127	127	127	106	112	112	75	60	45	5	
40		15	127	127	127	90	73	76	65	12	10	5		
30			90	120	95	35	22	30	22	5				
20				2	2	2								
<b>Стимул 2.4 / Stimulus 2.4</b>														
140							6	5	1					
130						1	17	15	15	10	5			
120						12	41	40	35	35	25	20	1	
110					12	15	84	7	7	7	2	2	1	
100					25	27	116	97	40	10	8	2	2	
90				60	65	90	126	118	121	50	45	3	2	
80			73	115	120	122	127	127	127	85	70	15	7	
70			122	122	127	127	127	127	127	100	85	18	7	
60		3	127	127	127	127	127	127	127	100	90	65	7	
50		15	78	127	127	127	127	127	112	75	58	45	3	
40		12	80	127	127	127	106	76	65	12	10	5		
30			110	90	120	120	85	30	22	5				
20			2	2	2	2	2							

стереоэффект с тестами 2-го блока, были больше, чем с тестами 1-го.

Результаты измерений со стимулами 3-го блока представлены в таблице 5.

Данные для тестовых изображений 3.1 и 3.2 значительно отличались от предыдущих результатов. Только 78 (61,4 %) детей из 127 детей 1-й подгруппы были способны к стереовосприятию со случайно-точечными стереотестами в режиме простого альтернирования и в режиме с пустым интервалом при длительностях монокулярных фаз 40–50 мс. При увеличении длительности пустого интервала способность детей к стереовосприятию уменьшалась. При длительности пустого интервала больше 50 мс стереоэффект исчезал у всех детей при любой длительности монокулярных фаз. Увеличение бинокулярной фазы снижало способность детей к стереовосприятию. При длительности бинокулярной фазы больше 30 мс стереоэффект исчезал у всех детей, независимо от длительности монокулярной фазы.

Обобщая полученные данные, нужно отметить, что в результате проведенных исследований стереовос-

приятия у детей контрольной группы были выявлены следующие закономерности:

1) зависимость максимальных значений длительности монокулярных фаз, «пустого» интервала и бинокулярной фазы, при которых сохранялся стереоэффект от характеристик стереостимулов;

2) прогрессивное уменьшение максимальной длительности монокулярных фаз при переходе от режима простого альтернирования к режиму с наличием «пустого» интервала;

3) значительное увеличение максимальной длительности монокулярных фаз, позволяющих сохранять стереоэффект при переходе к режиму с наличием бинокулярной фазы;

4) появление нестабильного стереопсиса с чередованием восприятия объемного (во время бинокулярной фазы) и плоского (во время монокулярных фаз) изображения при увеличении длительности бинокулярной фазы свыше 50–80 мс в сочетании с длительностью монокулярных фаз больше 500 мс;

**Таблица 5.** Распределение детей с косоглазием ( $n = 78$ ) в зависимости от длительности монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 3-го блока (абсолютное число детей)**Table 5.** Distribution of children with strabismus ( $n = 78$ ) depending on the durations of monocular phases (MF), binocular phase (BF) and "empty" interval (EI), at which they are able to stereo perception with stimuli of the 3rd block (absolute number of children)

МФ, мс MF мс	ПИ, мс / EI мс							БФ, мс / BF мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
<b>Стимул 3.1 / Stimulus 3.1</b>														
80				5	10	10	16	16						
70			10	15	20	35	32	22	10					
60		9	25	43	50	60	56	59	23					
50		9	42	50	78	78	78	65	20					
40		4	42	72	78	78	73	60	15					
30			23	65	72	72	51	40	10					
20				10	15	25	25	19	5					
<b>Стимул 3.2 / Stimulus 3.2</b>														
70				5	10	15	13	22	9					
60			5	37	50	50	41	59	23					
50			5	62	78	78	62	65	20					
40			5	72	78	78	78	60	15					
30				15	70	72	62	40	10					
20				7	10	25	25	19	5					

5) полное отсутствие стереопсиса при сочетании длительности монокулярных фаз больше 3,5–4,5 с при длительности бинокулярной фазы больше 2–2,5 с.

Установлено, что большинство обследованных детей с содружественным косоглазием, имеющих устойчивое или неустойчивое бинокулярное зрение, но не способных к стереовосприятию при исследовании с классическими статичными стереотестами (Fly-test и Lang-test), могут воспринимать стереоэффект в условиях альтернирующего предъявления стереостимулов. Стереоэффект у них наблюдается не только в режиме простого альтернирования, но и сохраняется в режиме с наличием «пустого» интервала и в режиме с бинокулярной фазой. При этом в режиме с бинокулярной фазой количество детей, способных к стереовосприятию, уменьшается по мере увеличения ее длительности, что может свидетельствовать о нарушениях нормального процесса формирования стереообразов.

В отношении характеристик зрительных стимулов установлено, что во всех режимах альтернирующего предъявления изображений у детей контрольной группы и детей с содружественным косоглазием проявляются следующие общие закономерности: линейные изображения являются более легкими для стереовосприятия (сохраняются при большем диапазоне длительности монокулярных фаз, «пустого» интервала и бинокулярной фазы), чем случайно-точечные ( $p < 0,001$ ); линейные стереоизображения, создающие эффект фронтотрансформации, воспринимаются легче, чем создающие эффект наклона или разворота ( $p < 0,001$ ); лучше воспринимается стереоэффект со стимулами,

создающими эффект наклона вертикальных полосок, разворота горизонтальных полосок ( $p < 0,001$ ). Между тем, в отличие от детей контрольной группы, у пациентов с косоглазием более благоприятные условия для появления стереозрения создавались при периферическом расположении линейных деталей, создающих стереоэффект, чем при их центральном расположении. Можно предполагать, что при этом играет роль сохранность периферической фузии, несмотря на процессы функционального торможения в центральной зоне бинокулярного поля зрения.

Наши наблюдения согласуются с результатами работ, посвященных участию стереоскопической памяти в процессе трехмерного восприятия и сохранения стабильности стереоэффекта. Предполагают, что получаемая благодаря движениям глаз локальная зрительная информация от разных частей поля зрения удерживается памятью и включается в глобальное представление сцены, являющееся намного более устойчивым, чем первичные зрительные образы, из которых оно было построено [13]. При альтернирующем предъявлении стимулов мозг сохраняет полученную информацию о тестовом изображении для одного глаза в течение некоторого времени после окончания предъявления стимула. Качество этой зрительной информации постепенно ухудшается, в то время как поступает свежая зрительная информация от второго глаза и сравнивается со следами информации, полученной ранее от первого глаза [11, 12, 14]. Можно предположить, что более легкое восприятие стереоэффекта со стимулами, создающими эффект наклона вертикальных полосок, чем разворота горизонтальных

полосок, связано с тем, что стереоскопическая память надежнее удерживает информацию об ориентационной диспаратности, чем о разнице в длине деталей [15, 16]. Меньшая длительность монокулярных фаз для случайно-точечных стереограмм по сравнению с длительностью для линейных стереостимулов, вероятно, может свидетельствовать о трудностях удержания следов зрительной информации о случайно-точечных изображениях стереоскопической памятью и необходимости более частого обновления данной информации. Необходимо учитывать также, что у детей с косоглазием может наблюдаться поражение парвоцеллюлярного пути (предположительно «ответственного» за передачу информации о случайно-точечных стимулах) при сохранности

магноцеллюлярного (передающего информацию о более простых линейных изображениях) [6, 17].

Таким образом, использование компьютерных программ с разными режимами альтернирующего предъявления стереостимулов с определенными характеристиками позволяет эффективно оценивать индивидуальные способности к стереовосприятию, что необходимо для персонализированного подхода к выбору характеристик и режима предъявления зрительных стимулов в функциональном лечении пациентов с содружественным 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. Рожков С.Н., Овсянникова Н.А. Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь. М.: Парадиз; 2003. 136 с. [Rozhkov S.N., Ovsianikova N.A. Stereoscopia in film, photo, and video equipment. Terminological dictionary. Moscow: Paradiz; 2003. 136 p. (In Russ.).]
2. Howard I.P., Rogers B.J. Perceiving in depth (Vol. 2: stereoscopic vision). New York: Oxford University Press; 2012. P. 162–166.
3. Вешнева И.В., Сингалин Р.А. Трансформация образования: тенденции, перспективы. *Высшее образование в России*. 2016;2:142–147. [Vshneva I.V., Singalin R.A. Transformation of the Education system: reasons, tendencies, perspectives. Higher education in Russia = *Vyshee obrazovanie v Rossii*. 2016;2:142–147 (In Russ.).]
4. Уваров А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании. *Наука и школа*. 2018;4:108–117. [Uvarov A.Yu. Virtual reality technologies in education. Science and school = *Nauka i shkola*. 2018;4:108–117 (In Russ.).]
5. Кащенко Т.П., Райгородский Ю.М., Корнюшина Т.А. Функциональное лечение при косоглазии, амблиопии, нарушениях аккомодации. Методы и приборы. М.: Издательство «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: "IC SGMU" Publ.; 2016. 163 p. (In Russ.).]
6. Espinasse-Berrod M.-A. Strabologie: approches diagnostique et therapeutique. Paris: Elsevier Masson; 2018. 400 p.
7. Григорян А.Ю., Аветисов Э.С., Кащенко 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.).]
8. Рожкова Г.И., Лозинский И.Т., Грачева М.А.. Функциональная коррекция нарушенного бинокулярного зрения: преимущества использования новых компьютерных технологий. *Сенсорные системы*. 2015;2:99–121. [Rozhkova G.I., Lozinskii I.T., Gracheva M.A.. Functional correction of impaired binocular vision: benefits of using novel computer-aided systems. *Sensory systems = Sensornye sistemy*. 2015;2:99–121 (In Russ.).]
9. 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 = Oftalmokhirurgiya*. 2019;2:50–58 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2019-2-50-58
10. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Взаимоотношения монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия до и после функционального лечения у детей с послеоперационной остаточной микродевиацией. *Офтальмохирургия*. 2019;4:42–49. [Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. The relationship of monocular and binocular mechanisms of spatial perception before and after functional treatment in children with postoperative residual microdeviation. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery = Oftalmokhirurgiya*. 2019;4:42–49 (In Russ.).] DOI: 10.25276/0235-4160-2019-4-42-49
11. 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
12. 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
13. Hollingworth A. Visual memory for natural scenes. New York: Oxford University Press; 2008. P. 123–161.
14. O'Shea R.O., Crassini B. Binocular rivalry occurs without simultaneous presentation of rival stimuli. *Perception and Psychophysic*. 1984;36:266–276.
15. Ninio, J. Orientational versus horizontal disparity in the stereoscopic appreciation of slant. *Perception*. 1985;14:305–314.
16. Gillam B., Chambers D., Russo T. Postfusional latency in stereoscopic slant perception and the primitives of stereopsis. *J. Experimental psychology*. 1988;14(2):163–175. DOI: 10.1037/0096-1523.14.2.163
17. Menz M.D., Freeman R.D. Stereoscopic depth processing in the visual cortex: a coarse-to-fine mechanism. *Nat. Neurosci*. 2003;6:59–65.

### 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 ФБГУ «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