

<https://doi.org/10.17116/oftalma201813404111>

Фазовая гаплоскопия и особенности стереовосприятия при косоглазии

С.И. РЫЧКОВА

ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» РАН, Большой Каретный пер., 19, Москва, 127051, Российская Федерация

Цель — исследование диапазона частот альтернирующего предъявления левого и правого изображений, в пределах которого возможно стереовосприятие у пациентов с косоглазием. **Материал и методы.** Исследовано в 1-й группе 34 пациента 10—15 лет с остаточной микродевиацией или непостоянным углом косоглазия, во 2-й (контрольной) группе — 32 пациента аналогичного возраста. Было использовано 20 различных стереограмм, созданных J. Ninio, предъявляемых на мониторе в условиях фазовой гаплоскопии. **Результаты.** Большинство пациентов с косоглазием были способны к восприятию глубины с простыми линейными стереотестами. Однако нижние пороговые значения частот альтернирующего предъявления стереостимулов (F_{\min}) у этих пациентов были более высокими, чем в контрольной группе. Кроме того, у них выявлялся верхний порог частоты альтернирующего предъявления стереостимулов (F_{\max}). Таким образом, для каждого пациента с косоглазием значения F_{\min} и F_{\max} ограничивали диапазон частот, в пределах которого было возможно стереовосприятие. Наиболее широкий диапазон частот ($7,6 \pm 0,6$ Hz для F_{\min} и $33,6 \pm 0,9$ Hz для F_{\max}) выявлялся для простых линейных стереограмм. Меньший диапазон ($9,9 \pm 1,1$ Hz для F_{\min} и $23,3 \pm 1,2$ Hz для F_{\max}) определялся для стереограмм, создающих эффект наклона. Меньшее количество пациентов с косоглазием были способны к стереовосприятию со случайно-точечными стереограммами в пределах узкого диапазона высоких частот ($16,1 \pm 1,1$ Hz для F_{\min} и $25,2 \pm 2,1$ Hz для F_{\max}). **Заключение.** Обнаруженная нами возможность восприятия определенных стереограмм в условиях альтернирующего предъявления стимулов даже пациентами с патологией бинокулярного зрения открывает перспективы для дальнейшей разработки способов восстановления и развития нарушенных бинокулярных функций у пациентов с косоглазием.

Ключевые слова: бинокулярное зрение, альтернирующая стимуляция, стереовосприятие.

Phase haploscopy and characteristics of stereoscopic perception in strabismic patients

S.I. RYCHKOVA

A.A. Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences, 19 Bol'shoi Karetny Per., Moscow, Russian Federation, 127051

Purpose — to identify the frequency range of alternating presentation of the left and right images that allow stereoscopic perception in strabismic patients. **Material and methods.** The study included 34 patients aged 10—15 years with residual microdeviation or unstable strabismus angle that were put in the first group, and 32 second (control) group patients of similar age. The study subjects were presented 20 various stereograms created by J. Ninio under conditions of phase haploscopy. **Results.** The majority of the study patients were able to perceive depth with simple linear stereoscopic images. However, these patients had higher frequency threshold (F_{\min}) than control subjects and, in contrast, appeared to have an upper limit of alternation frequency (F_{\max}). Thus, for each patient with strabismus, the values of F_{\min} and F_{\max} limited the frequency range where stereopsis was possible. Simple linear stereoscopic images had the widest range (7.6 ± 0.6 Hz for F_{\min} and 33.6 ± 0.9 Hz for F_{\max}). Smaller range (9.9 ± 1.1 Hz for F_{\min} and 23.3 ± 1.2 Hz for F_{\max}) was identified for stereograms depicting slanted surfaces. Fewer patients with strabismus achieved stereopsis with complex random-dot stereograms within a narrow range of high alternation frequencies (16.1 ± 1.1 Hz for F_{\min} and 25.2 ± 2.1 Hz for F_{\max}). **Conclusion.** The study revealed that even patients with pathologies of binocular vision can perceive specific stereograms when presented with alternating stimuli. This opens prospects for further research on methods of recovering and developing binocular vision function in strabismic patients.

Keywords: binocular vision, alternating stimulation, stereopsis.

Несмотря на то что возможность применения альтернирующего предъявления изображений раздельно правому и левому глазу для развития бинокулярных зрительных функций давно привлекает внимание офтальмологов и физиологов, до сих пор отсутствует серьезное физиологическое обоснование режимов его использования [1—3].

Классическим, широко известным в офтальмологии прибором, позволяющим предъявлять изобра-

жения в альтернирующем режиме, является синоптофор [3]. Недостатком данного способа является не только фазовое (по времени), но и механическое разделение полей зрения, а также ограниченный диапазон частот предъявления стимулов. В связи с этим в лечении косоглазия и амблиопии стали применять жидкокристаллические очки, действие которых основано на фазовом (по времени) разделении полей

зрения правого и левого глаза [4], а также специальные компьютерные программы, позволяющие попеременно предъявлять изображение правому и левому глазу в условиях гаплоскопии [5, 6]. Данные способы не предусматривают механического разделения полей зрения и имеют гораздо больший диапазон варьирования частоты предъявления стимулов по сравнению с синоптофором. Показано, что использование принципа фазовой гаплоскопии в консервативном лечении косоглазия позволяет уменьшать или полностью устранять остаточный угол девиации, развивать фузионную способность и бинокулярное зрение, а также повышать остроту зрения у большинства пациентов.

Однако, несмотря на востребованность принципа фазовой гаплоскопии, данный способ применяется в офтальмологической практике без четкого представления о том, какие частоты необходимы для восприятия определенных характеристик стереоизображений и какие режимы альтернирующего предъявления стимулов лучше использовать для тренировки бинокулярных функций.

В связи с этим исследование частот попеременного предъявления стереоизображений, при которых возможно стереовосприятие в норме и у пациентов с нарушениями зрительных функций, является актуальной проблемой и имеет большое значение для дальнейшего развития способов коррекции различных нарушений бинокулярного зрения.

В предыдущих публикациях [7, 8] мы сообщали о результатах изучения минимальных (пороговых) частот попеременного предъявления стереоизображений у взрослых и детей без нарушений бинокулярного зрения и у детей с косоглазием. Было показано, что у всех испытуемых без нарушений бинокулярного зрения при определенных частотах стимуляции возникал стереоэффект как с линейными, так и со случайно-точечными изображениями. При этом для восприятия случайно-точечных стереотестов требовалась более высокая частота попеременного предъявления стимулов, чем для простых линейных изображений. Установлено, что большинство детей с остаточной микродевиацией или непостоянным углом косоглазия, несмотря на отрицательные результаты исследования стереозрения со стандартными статическими стереотестами, были способны к восприятию объема в условиях попеременного предъявления простых линейных стереоизображений. Однако для получения стереоэффекта таким пациентам требовалась более высокая частота предъявления стимулов, чем испытуемым с сохраненными бинокулярными функциями. К восприятию объема при тестировании случайно-точечными изображениями была способна лишь небольшая часть (около 30%) детей с нарушениями бинокулярного зрения, и для этого требовалась более высокая частота попеременного предъявления стимулов.

Данные наблюдения касались только пороговых значений частот попеременного предъявления стереостимулов, поэтому следующей задачей стало определение не только минимальных, но и максимальных значений частот, при которых возможно стереовосприятие у пациентов с нарушениями бинокулярного зрения.

Цель работы — исследование диапазона частот альтернирующего предъявления стереостимулов, в пределах которого возможно стереовосприятие у пациентов с косоглазием.

Материал и методы

Исследованы 34 пациента с косоглазием на фоне аметропии в возрасте от 10 до 15 лет (в среднем $12,9 \pm 1,1$ года) и 32 человека контрольной группы с аметропией без нарушений бинокулярного зрения в возрасте также от 10 до 15 лет (в среднем $13,4 \pm 1,2$ года).

В группе пациентов с косоглазием острота зрения составляла в среднем $0,52 \pm 0,03$ и разница в остроте зрения правого и левого глаза не превышала $0,1$. Косоглазие у 25 (73,5%) пациентов данной группы было сходящимся на фоне гиперметропической рефракции и у 9 (26,5%) — расходящимся на фоне миопической рефракции. У 12 пациентов данной группы была остаточная микродевиация (угол косоглазия меньше 10°) после оперативного лечения содружественного косоглазия и у 22 — непостоянный угол аккомодационного косоглазия.

В контрольной группе (без нарушений бинокулярных функций) скорректированная острота зрения составляла в среднем $0,65 \pm 0,03$ с разницей в остроте зрения правого и левого глаза не более $0,1$. У 21 (65,6%) пациента выявлена миопическая рефракция, у 12 (34,4%) — гиперметропическая.

У всех пациентов контрольной группы результаты исследования стереозрения при помощи классических стереотестов (Lang-test и Fly-test) были положительными, а у всех пациентов с косоглазием — отрицательными.

Частоту альтернирующего предъявления стереоизображений, при которой у испытуемого появляется ощущение объема, определяли при помощи специальной компьютерной программы и тестовых изображений, разработанных J. Ninio [7, 8].

Тестовые изображения представляли собой три блока стереопар (по четыре стереопары в каждом блоке). Каждое тестовое изображение первого блока стереопар включало две дуги, соответствующие нулевому значению диспаратности, и полосу между дугами, относительное смещение которой на левом и правом изображении обеспечивало стереоэффект в процессе фузии стереотестов. При этом центральные полосы двух первых стереопар блока 1 (рис. 1, а, б) воспринимались как фронтопараллельные, т.е. расположенные во фронтальной плоскости ближе или

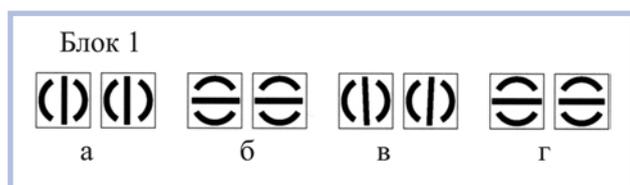


Рис. 1. Блок 1 — стереопары, включающие две дуги и центральную полосу.

В результате фузии стереопар данного блока возникают следующие эффекты: смещение вертикальной (а)/горизонтальной (б) полосы вперед или назад относительно плоскости, в которой воспринимаются дуги; наклон вертикальной (в)/горизонтальной (г) полосы относительно плоскости, в которой воспринимаются дуги.

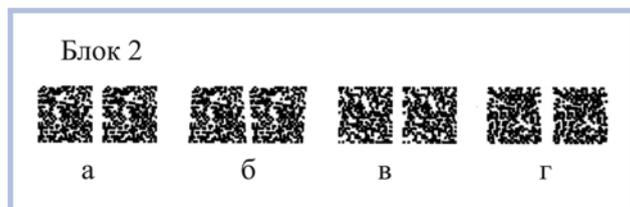


Рис. 2. Блок 2 — случайно-точечные стереограммы, дающие при успешной фузии образы изогнутых объемных поверхностей: сферы (а), согнутого листа (б), вертикального (в) и горизонтального (г) цилиндра.

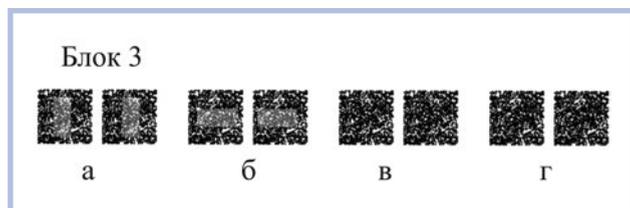


Рис. 3. Блок 3 — случайно-точечные стереограммы, создающие при успешной фузии зрительные образы фронтальнопараллельных прямоугольников, расположенных по глубине ближе или дальше плоскости изображения: выделенного яркостью вертикального (а); выделенного яркостью горизонтального (б); скрытого вертикального (в); скрытого горизонтального (г).

дальше двух дуг. Центральная вертикальная полоска третьей стереопары (см. рис. 1, в) этого блока при слиянии изображений воспринималась наклонной относительно плоскости изображения из-за немного различной ориентации ее в левом и правом тестовых изображениях. В последней стереопаре (см. рис. 1, г) центральная горизонтальная полоска воспринималась наклонной относительно плоскости изображения вследствие разной длины горизонтальных полосок в левом и правом тестовых изображениях.

В стереопарах второго блока использовали случайно-точечные стереограммы, обеспечивающие, при успешной фузии, образы изогнутых объемных поверхностей: сферы (рис. 2, а), согнутого листа (см. рис. 2, б), вертикального (см. рис. 2, в) и горизонтального (см. рис. 2, г) цилиндра.

Третий блок стереопар включал случайно-точечные изображения (варианты стереограмм Julesz), создающие при успешной фузии зрительные образы

фронтальнопараллельных прямоугольников, расположенных по глубине ближе или дальше плоскости изображения. Две первые стереопары данного блока (рис. 3, а, б), содержали вертикальный (см. рис. 3, а) и горизонтальный (см. рис. 3, б) прямоугольники, выделенные яркостью. Две следующие стереопары — вертикальный (см. рис. 3, в) и горизонтальный (см. рис. 3, г) скрытые прямоугольники.

Во время исследования испытуемого усаживали перед монитором компьютера на расстоянии 50 см на уровне глаз. Правое и левое тестовые изображения каждой стереопары предъявлялись на экране монитора в альтернирующем режиме с частотой от 1 до 60 Гц. При этом одно изображение было красным, другое — зеленым. Испытуемый наблюдал каждую предъявляемую стереопару в течение 2 мин через красно-зеленые очки и должен был определить, каким является изображение — объемным или остается плоским и (в случае появления ощущения глубины) какие детали воспринимаются ближе, а какие дальше фона. Частоту предъявления стимулов исследователь мог менять произвольно, не прерывая работу программы. При этом каждое изменение частоты предъявления стимулов сопровождалось автоматической сменой знака диспаратности и соответствующим изменением восприятия объема (выступающие детали становились западающими и наоборот). Это обеспечивалось переменной мест правого и левого изображений в стереопаре и служило для исключения элемента угадывания в ответах испытуемых. Для каждого испытуемого использовали случайный порядок предъявления стереотестов. Пороговой (F_{\min}) считали минимальную частоту альтернирующего предъявления стимулов, при которой у испытуемого появлялся правильный (соответствующий знаку диспаратности) стереобраз. Максимальной (F_{\max}) частотой считали наиболее высокую частоту попеременного предъявления стимулов, при которой у испытуемого наблюдалось правильное восприятие стереоэффекта.

Проводимое исследование соответствовало этическим стандартам Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренного варианта 2000 г.

Статистический анализ результатов измерений проводили с использованием программы Statistica. Значимость различий оценивали по критерию Стьюдента, считая их достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты исследования представлены в **таблице**.

Все обследованные нами пациенты контрольной группы (без нарушений бинокулярного зрения) были способны к восприятию стереоэффектов при тестировании всеми предъявляемыми стереограммами.

Среди пациентов с косоглазием большинство детей (85,3—88,2%) были способны к восприятию сте-

Минимальные и максимальные частоты альтернирующего предъявления левого и правого изображений, при которых возможно стереовосприятие у детей без патологии бинокулярного зрения и детей с косоглазием

Стереотест		Дети без патологии бинокулярного зрения (n=32)	Дети с косоглазием, способные к стереовосприятию в условиях альтернирующего предъявления стимулов (n=34)	
		F _{мин} , Гц (M±m)	абс. (%)	F _{мин} , Гц (M±m) F _{макс} , Гц (M±m)
Блок 1	a	3,4±0,2	30 (88,2)	7,6±0,5 33,6±0,9
	b	3,7±0,2	30 (88,2)	7,9±0,6 32,6±0,9
	в	4,7±0,4	29 (85,3)	9,9±0,7 23,3±1,2
	г	5,2±0,4	29 (85,3)	10,1±0,8 22,9±0,9
Блок 2	a	9,1±0,5	22 (64,7)	16±0,9 25,2±2,1
	b	9,9±0,6	26 (76,5)	16,3±0,9 27,7±1,6
	в	6,7±0,7	22 (64,7)	17,4±1 23,9±1,7
	г	9,6±0,8	24 (70,6)	15,3±0,8 24,1±1,7
Блок 3	a	6,5±0,7	28 (82,3)	17,1±1,2 29,5±1,4
	b	5,9±0,3	27 (79,4)	15,4±1,1 28,1±1,3
	в	12,4±1,1	10 (29,4)	23,4±1,3 29,8±1,5
	г	11,2±0,9	10 (29,4)	22,3±1,3 30,4±1,5

реограмм блока 1. Меньше пациентов (64,7—76,5%) данной группы воспринимали стереообразы второго блока. В третьем блоке большинство пациентов (79,4—82,3%) с косоглазием воспринимали стереообразы, содержащие случайно-точечные прямоугольники, выделенные яркостью (см. рис. 3, а, б).

Однако при работе со случайно-точечными стереотестами, содержащими скрытые прямоугольники, стереоэффект возникал только у 10 (29,4%) детей с косоглазием (блок 3) (см. рис. 3, в, г).

Как видно из данных таблицы, в обеих группах детей наиболее низкие пороги частоты альтернирующего предъявления стимулов (F_{мин}) отмечались для стереограмм первого и второго блоков. Для первого блока выявлялась статистически достоверная разница (по критерию Стьюдента, $p < 0,05$) пороговых частот попеременного предъявления стимулов между стереограммами, создающими при успешной фузии фронтотопараллельный стереоэффект, и стереограммами, создающими эффект наклона. Данные различия были характерны для изображений как с горизонтальными, так и с вертикальными центральными полосками.

Пороговые частоты второго блока стереопар были достоверно выше пороговых частот стереопар предыдущих блоков ($p < 0,05$). При этом следует отметить, что для возникновения стереообраза текстурированного цилиндра с вертикальной осью (блок 2) (см. рис. 2, в) в обеих группах пациентов требовалась немного более высокая частота предъявления стимулов, чем для цилиндра с горизонтальной осью (блок 2) (см. рис. 2, г).

Пороговые частоты для прямоугольников, выделенных яркостью в третьем блоке стереопар (см. рис. 1, а, б), были значительно ниже, чем для скрытых прямоугольников того же блока (см. рис. 1, в, г) ($p < 0,001$), у пациентов обеих групп.

Все дети без бинокулярных нарушений не имели верхнего ограничения частот попеременного предъ-

явления стереотестов вплоть до самой высокой частоты (в нашем исследовании 60 Гц), т.е. каждый пациент данной группы был способен к стереовосприятию в диапазоне от индивидуального порогового значения до 60 Гц. Кроме того, все дети этой группы были способны к стереовосприятию в условиях статичного бинокулярного предъявления тех же стереотестов.

Все пациенты с косоглазием имели верхнее ограничение частот, необходимых для возникновения стереообраза (F_{макс}) в среднем от 22,9±0,9 до 33,6±0,9. При этом статистически достоверная разница средних значений F_{макс} ($p < 0,001$) выявлялась между стереограммами, создающими при успешной фузии фронтотопараллельный стереоэффект (блок 1) (см. рис. 1, а, б), и стереограммами, создающими эффект наклона (блок 1) (см. рис. 1, в, г). Данные различия были характерны для изображений как с горизонтальными, так и с вертикальными центральными полосками. Таким образом, для стереограмм, создающих эффект наклона, в большинстве случаев выявлялся более узкий диапазон частот, необходимых для стереовосприятия, чем для стереограмм, создающих фронтотопараллельный эффект.

Нужно отметить, что каждый пациент с косоглазием, способный к стереовосприятию в условиях альтернирующего предъявления стереообразов, имел свой индивидуальный диапазон частот, в пределах которого стереовосприятие было возможно. Как правило, более высокие значения F_{мин} сопровождалось более низкими значениями F_{макс} и пациенты с более узким диапазоном частот, в пределах которого стереовосприятие было в принципе возможно, имели больше затруднений с восприятием случайно-точечных стереограмм, чем пациенты с более широким диапазоном частот (рис. 4).

В некоторых исследованиях, посвященных механизмам стереовосприятия, большая роль отводится участию стереоскопической памяти в процессе трех-

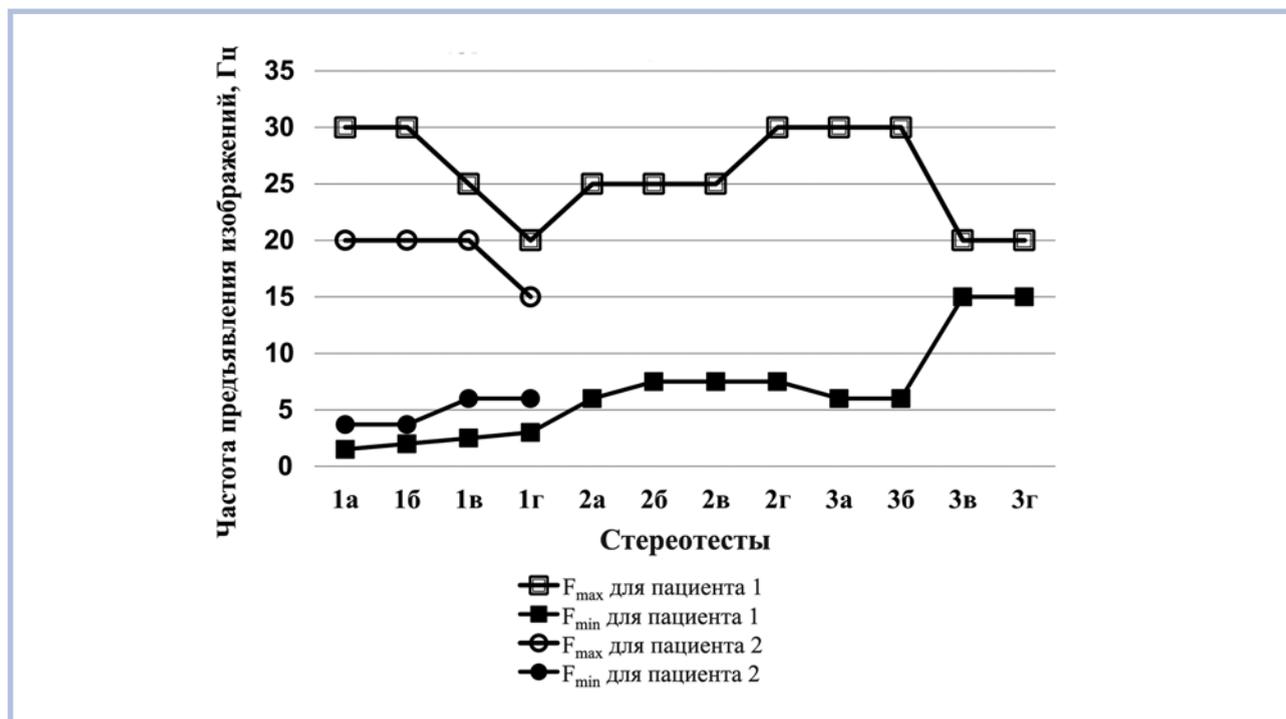


Рис. 4. Индивидуальные значения F_{\max} и F_{\min} у двух пациентов с патологией бинокулярного зрения.

По оси абсцисс — стереотесты блока 1 (1а, 1б, 1в, 1г), блока 2 (2а, 2б, 2в, 2г) и блока 3 (3а, 3б, 3в, 3г); по оси ординат — частота альтернирующего предъявления изображений для правого и левого глаза.

мерной интерпретации и поддержании стабильности стереоэффекта. Предполагается, что благодаря стереоскопической памяти возможно сохранение полученного в результате фузии восприятия глубины, несмотря на содружественные движения глаз, обеспечивающие перемещение взгляда по всему полю стереограммы [9]. Можно предположить, что в условиях альтернирующего предъявления изображений мозг получает полную информацию о тестовом изображении для левого глаза и сохраняет ее в течение некоторого времени после окончания предъявления. Качество этой информации постепенно ухудшается, в то время как мозг получает информацию от правого глаза. Во время «фазы правого глаза» может происходить сравнение свежей зрительной информации от правого глаза со следами зрительной информации, полученной от левого глаза [10].

Удивительный факт появления стереоэффекта в условиях попеременного предъявления стимулов у некоторых пациентов с нарушениями бинокулярного зрения, абсолютно не способных к стереовосприятию со статическими стереограммами, можно объяснить различиями в работе механизмов бинокулярной конкуренции при кратковременной и длительной стимуляции [11, 12].

Анализируя результаты нашего исследования, можно отметить, что наиболее легкими для восприятия как у пациентов с нормальными бинокулярными функциями, так и у пациентов с нарушениями бинокулярного зрения являются стереограммы, включа-

ющие небольшое число элементов, расположенных на разных уровнях по глубине, когда нет таких характеристик, как наклон, кривизна, сложная форма. Заслуживает внимания тот факт, что, согласно нашим наблюдениям, пороговые частоты для стереограмм, создающих эффект кривизны (блок 2), были сопоставимы с пороговыми частотами для простых вариантов стимулов, создающих эффект наклона (блок 1) (см. рис. 1, б, г). Наши измерения дополняют результаты исследований относительной скорости определения наклона по сравнению со скоростью определения кривизны [13, 14]. Наше наблюдение, что текстурированный цилиндр с вертикальной осью (блок 2) (см. рис. 2, в) является фигурой более трудной для стереовосприятия, чем текстурированный цилиндр с горизонтальной осью (блок 2) (см. рис. 2, г), для пациентов с нарушениями бинокулярного зрения, согласуется с работами некоторых исследователей в области психофизиологии [15].

Вполне закономерным представляется то, что наибольшие трудности восприятия у всех пациентов возникали со случайно-точечными стереограммами [16, 17]. Однако, несмотря на сложность интерпретации таких стереограмм, небольшая часть пациентов с патологией бинокулярного зрения могли воспринимать стереоэффект на частоте более 15 Гц. У остальных пациентов данной группы зрительная система, скорее всего, «не справлялась» с восприятием стимулов, предъявляемых с высокой частотой альтернирования, создающей условия, близкие к ста-

тическому предъявлению стереограмм. При уменьшении же частоты предъявления стимулов время хранения точной информации от одного глаза о сложной структуре случайно-точечного изображения было недостаточным для сравнения с поступающей свежей информацией от другого глаза.

Заключение

Полученные нами результаты исследования диапазона частот альтернирующего предъявления стереостимулов, в пределах которого возможно стереовосприятие у пациентов с нормальным бинокулярным зрением и пациентов с косоглазием, позволяют

более ясно представить иерархию трудностей стереовосприятия в зависимости от характеристик стереотестов и режимов их предъявления.

Обнаруженная нами возможность восприятия определенных стереограмм в условиях альтернирующего предъявления стимулов даже пациентами с патологией бинокулярного зрения открывает перспективы для дальнейшей разработки способов восстановления и развития нарушенных бинокулярных функций у пациентов с косоглазием.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sireteanu R. Binocular vision in strabismic humans with alternating Fixation. *Vision Research*. 1982;22(8):889-896. [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(82\)](https://doi.org/10.1016/0042-6989(82))
2. Chen X, He S. Temporal characteristics of binocular rivalry: Visual field asymmetries. *Vision Research*. 2003;43(21):2207-2212. [https://doi.org/10.1016/s0042-6989\(03\)00359-6](https://doi.org/10.1016/s0042-6989(03)00359-6)
3. Кашенко Т.П., Аклаева Н.А. Содружественное косоглазие у детей. *Избранные лекции по детской офтальмологии*. Под ред. Нероева В.В. М.: ГЭОТАРМедиа; 2009. [Kashchenko TP, Aklaeva NA. *Sodruzhestvennoe kosoglazie u detei*. In Neroev V.V., eds. *Izbrannyye leczii po detskoj oftalmologii*. M.: GEOTAR Media; 2009. (In Russ.)].
4. Wang J, Neely D-E, Januschowski K, Schramm C, Plager D-A. Feasibility to monitor objective compliance with liquid crystal glasses intermittent occlusion therapy. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2016;20(4):47. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2016.07.179>
5. Рожкова Г.И., Матвеев С.Г. *Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции*. М.: Наука; 2007. [Rozhkova GI, Matveyev SG. *Zrenie detei: problemy oztinki i funkcionalnoi korrekczii*. M.: Nauka; 2007. (In Russ.)].
6. Рожкова Г.И., Васильева Н.Н. Компьютерный метод оценки фузионных резервов с объективным контролем нарушения фузии. *Физиология человека*. 2010;36(3):364-366. [Rozhkova GI, Vasiljeva NN. A computer-aided method for the evaluation of fusional reserves with objective control of fusion break. *Physiologia cheloveka*. 2010;36(3):364-366. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/s0362119710030187>
7. Rychkova SI, Ninio J. Alternation frequency thresholds for stereopsis as a technique for exploring stereoscopic difficulties. *i-Perception*. 2011;2(1):50-68. <https://doi.org/10.1068/10398>
8. Рычкова С.И. Частотные пороги восприятия стереообразов при попеременном предъявлении левого и правого изображений стереопары у детей с офтальмопатологией. *Физиология человека*. 2015;41(2):5-13. [Rychkova SI. Frequency Thresholds for Stereopsis in the Case of Alternative Presenting the Left and Right Images of Stereopair in Children with ophthalmopathy. *Physiologia cheloveka*. 2015;41(2):5-13. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S0131164615010129>
9. Dysli M, Keller F, Aebegg M. Acute onset incommittant image disparity modifies saccadic and vergence eye movements. *Journal of Vision*. 2015;15(3):12-17. <https://doi.org/10.1167/15.3.12>
10. Clarke J, Mack A. Iconic memory for natural scenes: Evidence using a modified change-detection procedure. *Visual Cognition*. 2015;23(7):917-938. <https://doi.org/10.1080/13506285.2015.1103826>
11. Blake R, Logothetis NK. Visual competition. *Nature Reviews Neuroscience*. 2002;3(1):13-21. <https://doi.org/10.1038/nm701>
12. Gepshtein S, Kubovy M. The weights of space and time in the perception of visual motion. *Journal of Vision*. 2010;1(3):243-243. <https://doi.org/10.1167/1.3.243>
13. Devisme C, Drobe B, Monot A, Droulez J. Stereoscopic depth perception in peripheral field and global processing of horizontal disparity gradient pattern. *Vision Research*. 2008;48(6):753-764. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.12.003>
14. Duke PA, Howard IP. Processing vertical size disparities in distinct depth planes. *Journal of Vision*. 2012;12(8):10. <https://doi.org/10.1167/12.8.10>
15. Gillam B, Chambers D, Russo T. Postfusional latency in slant perception and the primitives of stereopsis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1988;14(2):163-175. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.14.2.163>
16. Ninio J. Designing visually rich, nearly random textures. *Spatial Vision*. 2007;20(6):561-577. <https://doi.org/10.1163/156856807782758368>
17. Caziot B, Backus B. Invariance of processing latency across signal types and strengths. *Journal of Vision*. 2015;15(12):834. <https://doi.org/10.1167/15.12.834>

Поступила 05.04.17