

## Взаимоотношения монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия до и после функционального лечения у детей с послеоперационной остаточной микродевиацией

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

<sup>1</sup> Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва

<sup>2</sup> ФГБУ науки «Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН», Москва;

<sup>3</sup> ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБР России, Москва;

<sup>4</sup> ФПК «Академия постдипломного образования» ФГБУ ФМБА России, Москва

### РЕФЕРАТ

**Цель.** Изучить проявления взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия до и после функционального лечения у детей с послеоперационной остаточной микродевиацией.

**Материал и методы.** Под наблюдением находилось 30 детей в возрасте от 8 до 16 лет (в среднем 12,5 лет) с послеоперационной остаточной микродевиацией (ОМ) и 44 ребенка контрольной группы того же возраста (в среднем 10,6 года).

Наряду с обычным офтальмологическим обследованием, для оценки бинокулярных функций у всех детей использовали тест Баголини, Lang-тест и Fly-тест. Для исследования стереокинетического эффекта (СЭ) использовали кольцевое изображение диаметром 20 см с эксцентриситетом (отношением смещения центрального элемента кольцевого изображения от центра вращения к радиусу изображения) 0,4, вращающееся на экране ноутбука со скоростью 60 об/мин. Соответствующая компьютерная программа была разработана М.В. Жмуровым. Расстояние от глаз до изображения составляло 3 м. Задачей испытуемого было оценить величину виртуального конуса или виртуальной воронки в бинокулярных и в монокулярных условиях наблюдения. Для облегчения оценок величины СЭ использовали семь эталонных бумажных конусов с диаметром основания 20 см и высотой 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 см. Испытуемый должен был указать бумажный конус, наиболее близкий по величине к виртуальному конусу или виртуальной воронке. Отмечали также время доминирования у испытуемого виртуального конуса и виртуальной воронки при их чередовании (в секундах за 1 мин) и затем вычисляли средние значения времени доминирования того и другого варианта виртуальной фигуры.

Исследование зрительных функций и СЭ у детей с ОМ проводили до и после курса функционального лечения, предусматривающего предъявление стереостимулов в режиме альтернирования при помощи компьютерной программы, разработанной также М.В. Жмуровым. Использовали три разных режима альтернирующего предъявления стимулов: 1) с последовательным монокулярным предъявлением зрительных стимулов, соответствующих правому и левому глазу; 2) с наличием пустого интервала между монокулярными фазами; 3) с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами.

**Результаты.** У всех детей с ОМ результаты исследования стереозрения с Lang-тестом, Fly-тестом были отрицательными. После проведенного функционального лечения у 24 детей выявлялся устойчивый бинокулярный характер зрения, результаты исследования с Fly-тестом после лечения стали положительными у 20 детей, а с Lang-тестом – у пяти детей. Ортотропия была достигнута у 24 детей. Острота зрения хуже видящего глаза в результате лечения повысилась в среднем с  $0,74 \pm 0,03$  до  $0,91 \pm 0,01$ . Количество детей с ОМ, воспринимающих СЭ в виде чередующихся виртуальных фигур (конуса и воронки), в результате лечения увеличивалось с 50 до 83,3%. Время доминирования виртуального конуса у детей с ОМ достоверно уменьшилось ( $p < 0,01$ ) после лечения как в монокулярных условиях наблюдения (в среднем с  $2,9 \pm 0,2$  до  $2,3 \pm 0,1$  с), так и в бинокулярных условиях (в среднем с  $3,6 \pm 0,2$  до  $3 \pm 0,1$  с), достигнув значений контрольной группы. В результате лечения детей с ОМ среднее значение высоты виртуального конуса для бинокулярных условий наблюдения снизилось с  $21,3 \pm 1,2$  до  $16,8 \pm 0,9$  см и стало достоверно ниже ( $p < 0,001$ ) по сравнению как со средними значениями до лечения, так и со средними значениями в контрольной группе. После лечения среднее значение величины виртуальной воронки для бинокулярных условий снизилось с  $19 \pm 1,1$  до  $13,1 \pm 0,7$  см и стало достоверно ниже по сравнению как со значениями, полученными до лечения ( $p < 0,001$ ), так и в контрольной группе ( $p < 0,05$ ).

**Заключение.** В результате использования альтернирующего предъявления стереостимулов в функциональном лечении детей с ОМ наблюдается положительная динамика: уменьшение или устранение угла косоглазия, повышение остроты зрения, увеличение количества пациентов с устойчивым бифовеальным слиянием и появление у них стереозрения по результатам Fly-теста, а в некоторых случаях и по результатам Lang-теста. Количество детей с ОМ, воспринимающих СЭ в виде чередующихся виртуальных фигур (конуса и воронки), увеличивается в результате лечения. Время доминирования виртуального конуса у детей с ОМ достоверно уменьшается после лечения, достигая значений, полученных у детей контрольной группы. Среднее значение оценки высоты виртуального конуса для бинокулярных условий наблюдения у детей с ОМ достоверно снижается после лечения до значений меньших, чем в контрольной группе, а для монокулярных условий наблюдения – повышается до значений, сопоставимых с результатами в контрольной группе.

Среднее значение оценки величины виртуальной воронки для бинокулярных условий наблюдения у детей с ОМ достоверно уменьшается после лечения как по сравнению со значениями, полученными до лечения, так и полученными в контрольной группе. Таким образом, изменения показателей взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия могут

служить дополнительными критериями оценки эффективности функционального лечения пациентов с ОМ.

**Ключевые слова:** стереокинетический эффект, стереозрение, послеоперационная остаточная микродевиация. ■

**Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.**

Офтальмохирургия. 2019;4: 42–49.

## ABSTRACT

### The relationship of monocular and binocular mechanisms of spatial perception before and after functional treatment in children with postoperative residual microdeviation

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

<sup>1</sup> Kharkevich Institute for Information Transmission Problems RAS, Moscow

<sup>2</sup> The Emanuel N.M. Institute for Biochemical Physics of the RAS, Moscow;

<sup>3</sup> The Burnazyan A.I. Federal Biophysical Center, Moscow;

<sup>4</sup> The Academy of Postgraduate Education, Moscow

**Purpose.** Of this work is to study the relationship of monocular and binocular mechanisms of spatial perception before and after functional treatment in children with postoperative residual microdeviation.

**Material and methods.** The study included 30 children aged 8 to 16 years (average 12.5 years) with postoperative residual microdeviation (RM) and 44 children of the same age (average 10.6 years) in the control group.

Along with the usual ophthalmic examination, Bagolini test, Lang test and Fly test were used to evaluate binocular functions in all children. To study the stereokinetic effect (SE), a ring image with a diameter of 20 cm with an eccentricity (the ratio of the displacement of the central element of the ring image from the center of rotation to the radius of the image) of 0.4 rotating on a laptop screen at the speed of 60 rpm was presented using a computer program developed by M.V. Zhmurov was used. The distance from the eyes to the image was 3 m. A child was asked to evaluate the illusory size of the virtual cone or the virtual funnel in binocular and monocular viewing conditions. Seven reference paper cones with a base diameter of 20 cm and a height of 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 cm were used to facilitate estimates of the SE value. The child pointed the paper cone closest in size to the virtual cone or virtual funnel. We also noted the time of dominance of the virtual cone and the virtual funnel during their alternation (in seconds per 1 min) and then calculated the average time of domination of both variants of the virtual figure.

The study of visual functions and SE in children with RM was carried out before and after the course of functional treatment, providing presenting of stereostimulus in the alternation mode using a computer program developed by M.V. Zhmurov. Three modes of alternative presentation of stimuli were used: 1) with consecutive monocular presentation of visual stimuli corresponding to the right and left eye; 2) with the presence of an empty interval between monocular phases; 3) with the presence of a binocular phase between monocular phases.

**Results.** In all children with RM, the results of the stereovision study with Lang-test, Fly-test were negative before treatment. After functional treatment, 24 children showed stable binocular character of vision, the results of the study with Fly-test after treatment were positive in 20 children, and in five children with Lang-test. Orthotropy was achieved in 24 children. As a result of treatment, the visual acuity of the amblyopic eye

increased from  $0.74 \pm 0.03$  to  $0.91 \pm 0.01$ . The number of children with RM perceiving SE in the form of alternating virtual figures (cone and funnel) increases from 50% to 83.3% as a result of treatment. The dominance time of the virtual cone in children with RM significantly decreased ( $p < 0.01$ ) after treatment both in monocular conditions (average from  $2.9 \pm 0.2$  to  $2.3 \pm 0.1$  s) and in binocular conditions (average from  $3.6 \pm 0.2$  to  $3 \pm 0.1$  s), reaching the values of the control group. As a result of treatment of children with RM, the average size of the virtual cone for binocular conditions decreased from  $21.3 \pm 1.2$  to  $16.8 \pm 0.9$  cm and was significantly lower ( $p < 0.001$ ) compared with both the mean values before treatment and with the average values in the control group. After treatment, the average value of the virtual funnel for binocular conditions decreased from  $19 \pm 1.1$  cm to  $13.1 \pm 0.7$  cm and was significantly lower compared with the values obtained before treatment ( $p < 0.001$ ) and in the control group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion.** Using alternating presentation of stereoisimages in functional treatment of children with RM leads to positive changes: a reduction or elimination of residual deviation, improved visual acuity of amblyopic eye, increasing of the number of patients with stable bifoveal fusion and appearance of a stereo vision in them. The number of children with RM perceiving SE in the form of alternating virtual figures (cone and funnel) increases as a result of treatment. The dominance time of the virtual cone in children with RM significantly decreases after treatment, reaching the values in the control group. The average value of the virtual cone size for binocular conditions in children with RM significantly decreases after treatment to values smaller than in the control group, and for monocular observation conditions – increases to values comparable with the results in the control group. The average value of the virtual funnel size for binocular conditions in children with RM significantly decreases after treatment in comparison both with the values obtained before treatment and with the values obtained in the control group. Changes in the relationship between monocular and binocular mechanisms of spatial perception can serve as additional criteria for assessing the effectiveness of functional treatment of patients with RM.

**Key words:** stereokinetic effect, stereovision, postoperative residual microdeviation. ■

**No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.**

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2019;4: 42–49.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Одним из способов изучения взаимоотношений бинокулярного и монокулярного механизмов в норме, а также при неврологической и офтальмологической патологии является исследование стереокинетического эффекта в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения [1–4].

В ряде работ, посвященных исследованию стереокинетического эффекта (СЭ) с использованием рисованных кольцевых и структурных стимулов, было установлено, что его проявления зависят от расстояния до стимула, условий наблюдения (бинокулярные или монокулярные), скорости и направления вращения стимула, характера освещения, от величины изображения и степени его дифференцировки. В качестве стимулов использовали рисованные изображения, построенные из вписанных один в другой кольцевых элементов, центры которых смещены от центра вращения на заданное расстояние. Было показано участие различных анатомо-функциональных структур (в частности верхнего двухолмия, проекционных и ассоциативных зон коры, проприоцептивной иннервации, структур управления движениями глаз) в работе механизмов пространственного восприятия [1, 3, 5–8].

В исследованиях, посвященных бинокулярной конкуренции (соперничества полей зрения в бинокулярных условиях наблюдения) многие авторы отмечают сходство этого явления с восприятием бистабильных (или реверсивных) изображений, которые тоже могут быть видны попеременно в одном из двух состоя-

ний. В связи с этим они предполагают, по крайней мере, частичное единство механизмов, лежащих в основе этих явлений [8–10].

В работах по изучению СЭ с кольцевыми изображениями, состоящими из нескольких «встроенных» одно в другое колец, исследователи также отмечали возможность двойного восприятия стимула разными испытуемыми – в виде «конуса» или в виде «воронки» [1, 3].

Исследуя СЭ у детей с нарушенным бинокулярным зрением, Г.И. Рожкова и Н.Н. Васильева предложили использовать для количественной оценки влияния бинокулярного механизма восприятия глубины коэффициент  $K = (hm - hb) / hm$ , где:  $hm$  – средняя для двух глаз монокулярная оценка глубины;  $hb$  – бинокулярная оценка [2]. Было показано, что коэффициент  $K$  был равен в среднем  $+0,3$  в группе взрослых испытуемых без нарушений бинокулярного зрения,  $+0,2$  в группе детей с нормальным бинокулярным зрением и  $-0,1$  в группе детей с нарушениями бинокулярного зрения. На основании полученных данных авторами была предложена модель взаимодействия бинокулярного и монокулярного механизмов пространственного восприятия, учитывающая работу разных подсистем переработки информации: двух монокулярных, чисто бинокулярной, монобинокулярной и постмонокулярной. При этом индивидуальная вариабельность коэффициента  $K$  зависит от степени участия каждой из перечисленных подсистем в процессе переработки зрительной информации [2, 11].

В нашей недавней работе, посвященной исследованию СЭ у детей с разными формами амблиопии (в том числе дисбинокулярной), было показано, что взаимоотношения монокулярного и бинокулярного механизма пространственного восприятия имели наибольшие отличия от нормы в группе детей с дисбинокулярной амблиопией, проявляющейся в отсутствии вклада бинокулярного механизма в систему простран-

ственного восприятия у большинства детей этой группы [4].

В связи с полученными ранее результатами представляется перспективным исследование СЭ у детей с различными формами бинокулярных нарушений, в частности имеющих у детей с остаточной послеоперационной микродевиацией (ОМ). Данное состояние наблюдается в некоторых случаях после хирургического лечения косоглазия с большим углом девиации. Оно характеризуется малым углом косоглазия – до 5 град. (до 10 пр. дптр.), наличием установочных движений глаз при cover-тесте, различной степенью бинокулярного взаимодействия и, как правило, отсутствием или нарушением стереозрения. При этом улучшение бинокулярных зрительных функций в результате функционального лечения у таких пациентов считается в принципе возможным [12–15].

## ЦЕЛЬ

Изучить проявления взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия до и после функционального лечения у детей с ОМ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находилось 30 детей в возрасте от 8 до 16 лет (в среднем 12,5 лет) с ОМ и 44 ребенка контрольной группы того же возраста (в среднем 10,6 года), отобранных для обследования в случайном порядке.

Величина остаточного угла косоглазия у детей, оперированных по поводу косоглазия, составляла в среднем  $3,4 \pm 0,2$  град. ( $6,8 \pm 0,4$  пр. дптр.). Остаточная эзотропия наблюдалась у 21 ребенка (у пяти из них в сочетании с вертикальной микродевиацией), экзотропия – у девяти детей. Рефракция была миопической у 20 детей с эзотропией и у одного ребенка с эк-

## Для корреспонденции:

Рычкова Светлана Игоревна,  
канд. мед. наук, ведущ. науч. сотрудник  
лаборатории физиологии зрения  
Института проблем передачи информации  
им. А.А. Харкевича РАН  
ORCID ID: 0000-0001-6764-8950  
E-mail: lana.rych@mail.ru

зотропией, гиперметропической – у восьми детей с экзотропией и у одного ребенка с эзотропией. У всех детей выявлялась дисбинокулярная амблиопия слабой степени, при этом острота лучше видящего глаза составляла в среднем  $0,92 \pm 0,01$ , а хуже видящего глаза  $0,74 \pm 0,03$ .

В контрольной группе все дети имели ортотропию и бинокулярный характер зрения. Корригированная острота зрения составляла у них от 0,8 до 1,0 для каждого глаза (в среднем  $0,97 \pm 0,1$  для правого глаза и  $0,95 \pm 0,1$  для левого глаза). Рефракция была миопической у 16 детей, гиперметропической – у 18 детей и эметропической – у 10 детей.

Наряду с обычным офтальмологическим обследованием, для оценки бинокулярных функций у всех детей использовали тест Баголини (с растровыми очками и точечным источником света), Lang-тест и Fly-тест [12, 15]. Для исследования стереокинетического эффекта (СЭ) использовали кольцевое изображение с экцентриситетом (отношением смещения центрального элемента кольцевого изображения от центра вращения к радиусу изображения) 0,4, вращающееся на экране ноутбука при помощи компьютерной программы, разработанной М.В. Жмуровым (рис. 1). Скорость вращения кольцевого изображения составляла 60 об/мин. Диаметр кольцевого изображения на экране ноутбука был равен 20 см. Расстояние от глаз ребенка до изображения составляло 3 м. Исследование проводилось в условиях оптимальной оптической коррекции при общем освещении 500 лк. Задачей испытуемого было оценить иллюзорный объем виртуального конуса или виртуальной воронки, возникающих при наблюдении вращающегося кольцевого изображения. Бинокулярная оценка предусматривала условия, при которых оба глаза испытуемого были открыты, а монокулярная – условия, при которых правый и левый глаз поочередно прикрывали светорассеивающей заслонкой. Для облегчения оценок выраженности

стереокинетического эффекта рядом с ноутбуком были расположены семь эталонных бумажных конусов с диаметром основания 20 см и высотой 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 см. Испытуемый должен был указать бумажный конус, наиболее близкий по величине к виртуальному конусу или виртуальной воронке. Отмечали также время доминирования у испытуемого виртуального конуса и виртуальной воронки при их чередовании (в секундах за 1 мин) и затем вычисляли средние значения времени доминирования того и другого варианта виртуальной фигуры.

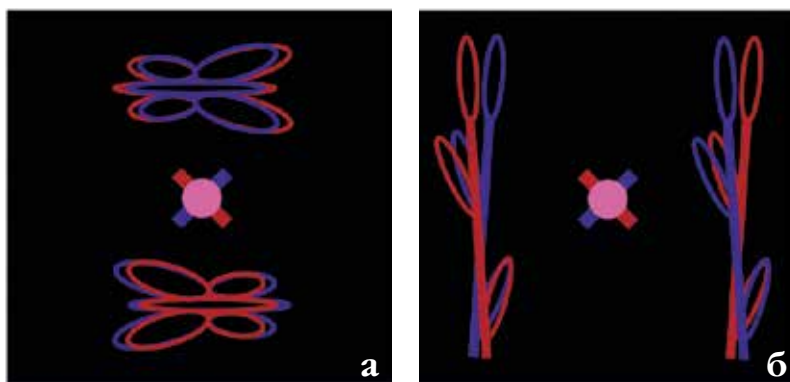
Исследование зрительных функций и СЭ у детей с остаточной микродевиацией проводили до и после курса функционального лечения, предусматривающего предъявление стереостимулов в режиме альтернирования при помощи компьютерной программы, разработанной также М.В. Жмуровым [16]. Использовали следующие три варианта режима альтернирования: 1) режим с последовательным монокулярным предъявлением стимулов, соответствующих правому и левому глазу; 2) режим с наличием пустого интервала между монокулярными фазами; 3) режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами. Длительность монокулярных и бинокулярных фаз, а также пустого интервала задавалась исследователем произвольно и могла составлять от 10 до 1000 мс. Испытуемый рассматривал изображение, предъявляемое на экране монитора, с расстояния 50 см от глаз через красный (для одного глаза) и синий (для другого глаза) светофильтры в условиях полной призмной компенсации угла косоглазия (для развития способности к бифовальному слиянию и стереовосприятию под объективным углом косоглазия) и оптимальной очковой или контактной коррекции аметропии. При подборе призм добивались отсутствия установочных движений при обратном cover-тесте. Курс зрительных тренировок составлял 15–20 занятий по 10–15 мин, проводи-



**Рис. 1.** Кольцевое изображение с экцентриситетом 0,4 (отношением смещения центрального элемента кольцевого изображения от центра вращения к радиусу изображения)

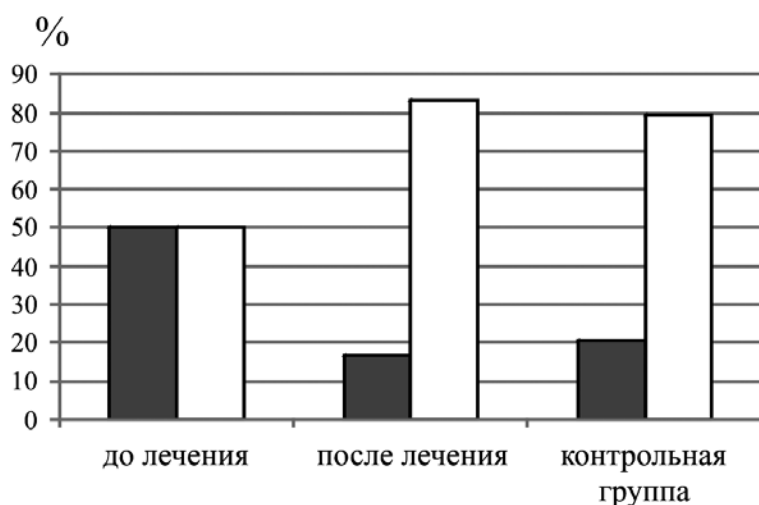
**Fig. 1.** Ring image with eccentricity 0.4. (the ratio of the displacement of the central element of the ring image from the center of rotation to the radius of the image)

мых два раза в неделю на базе школы для детей с офтальмопатологией г. Москвы. На первых этапах занятий использовали стереоизображения с центрально расположенными объектами для слияния и периферически расположенными горизонтальными элементами, создающими при успешной фузии эффект разворота вокруг вертикальной оси (рис. 2а) или вертикальными элементами, создающими эффект наклона (рис. 2б). Режим предъявления таких изображений на первых этапах занятий использовали с наличием пустого интервала между монокулярными фазами, так как согласно предыдущим наблюдениям он является наиболее благоприятным для возникновения стереоэффекта у детей с нарушениями бинокулярных функций [17]. В дальнейшем переходили к предъявлению более сложных для восприятия стереоизображений с центрально расположенным элементом, создающих стереоэффект, а затем (при условии успешности занятий с такими изображениями) пытались использовать случайно-точечные стереограммы. Режим предъявления также усложняли, переходя к использованию режима с поочередным предъявлением сти-



**Рис. 2.** Примеры стереостимулов, используемых для зрительных тренировок в разных режимах альтернирующего предъявления: а) содержащие периферически расположенные горизонтальные элементы, создающие при успешной фузии эффект разворота вокруг вертикальной оси; б) содержащие периферически расположенные вертикальные элементы, создающие при успешной фузии эффект наклона

**Fig. 2.** Examples of stereoimages used for visual training in different modes of alternating the presentation: а) containing peripherally located horizontal elements, creating the effect of a turn around the vertical axis under conditions of a successful fusion; б) containing peripherally located vertical elements, creating the effect of a tilt under conditions of a successful fusion



**Рис. 3.** Распределение детей каждой группы (%) в зависимости от восприятия виртуальной фигуры – в виде только конуса или в виде чередования конуса и воронки.

По вертикальной оси – количество детей (%), по горизонтальной оси – группы пациентов. Для детей с ОМ представлены данные до и после лечения

**Fig. 3.** Distribution of children of each group (%), depending on the perception of the virtual figure – in the form of only a cone or in the form of alternating cone and hole.

On the vertical axis – the number of children (%), on the horizontal axis – groups of patients. For children with RM data are presented before and after treatment

мулов, а затем и к режиму с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами.

Математическую обработку полученного цифрового материала выполняли при помощи программных пакетов статистического анали-

за «Microsoft Excel 2007» и «StatSoft Statistica 6,0». Достоверность статистических различий оценивали по t-критерию Стьюдента для выборок с нормальным распределением. Статистическая значимость была установлена на уровне 0,05.

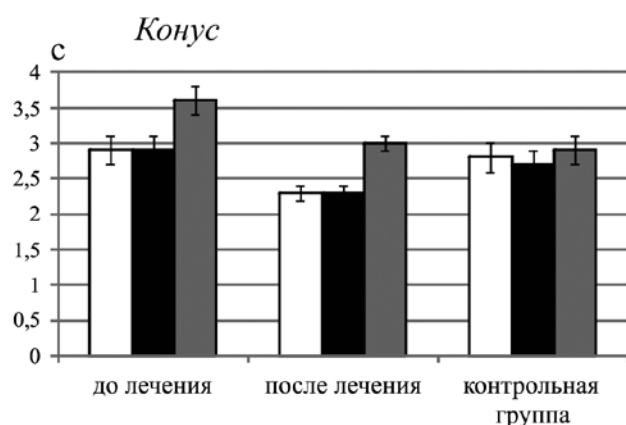
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании детей с ОМ до лечения с тестом Баголини неустойчивое бинокулярное зрение наблюдалось у 22 детей опытной группы, у остальных восьми детей выявлялась функциональная скотома. У всех пациентов результаты исследования стереозрения с Lang-тестом, Fly-тестом были отрицательными. После проведенного функционального лечения у 24 детей выявлялся устойчивый бинокулярный характер зрения, а у остальных шести детей – неустойчивый. Результаты исследования с Fly-тестом после лечения стали положительными у 20 детей, а с Lang-тестом – у пяти детей. Ортометрия была достигнута у 24 детей. При этом наблюдалось повышение остроты зрения хуже видящего глаза в результате лечения в среднем с  $0,74 \pm 0,03$  до  $0,91 \pm 0,01$ .

Результаты исследования СЭ до и после лечения представлены на графиках (рис. 3–5).

Анализируя представленные данные, нужно отметить, что количество детей с ОМ, воспринимающих СЭ в виде чередующихся виртуальных фигур (выступающего конуса и «проваливающейся» воронки), повысилось после лечения с 50 до 83,3%, что было немного выше, чем в контрольной группе, где количество детей с чередованием виртуальных фигур составляло 79,5% (рис. 3).

Время доминирования виртуального конуса достоверно уменьшилось ( $p < 0,01$ ) после лечения у детей с ОМ как в монокулярных условиях наблюдения (в среднем с  $2,9 \pm 0,2$  до  $2,3 \pm 0,1$  с), так и в бинокулярных условиях (в среднем с  $3,6 \pm 0,2$  до  $3 \pm 0,1$  с), достигнув значений, достоверно не отличающихся от значений в контрольной группе. В отношении времени доминирования виртуальной воронки нужно отметить, что средние значения у пациентов с ОМ до лечения соответствовали значениям в контрольной группе. После лечения время доминирования виртуальной воронки достоверно умень-



**Рис. 4.** Время доминирования виртуального конуса и виртуальной воронки.

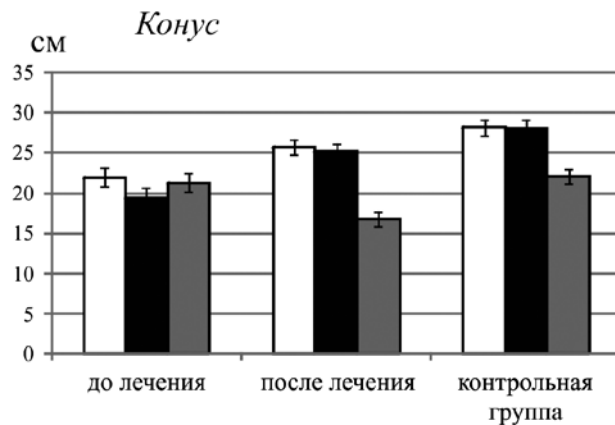
По вертикальной оси – средние значения времени доминирования (с), по горизонтальной оси – группы пациентов. Для детей с ОМ представлены данные до и после лечения

**Fig. 4.** The time of domination of virtual cone and a virtual hole.

On the vertical axis – the average time of dominance (s), on the horizontal axis – the group of patients. For children with RM data are presented before and after treatment

шилось с  $2,2 \pm 0,1$  с для лучше видящего глаза и  $2,1 \pm 0,1$  с для хуже видящего глаза до  $1,6 \pm 0,09$  для того и другого глаза в монокулярных условиях наблюдения ( $p < 0,002$ ), а также с  $2,6 \pm 0,1$  до  $2,2 \pm 0,1$  с в бинокулярных условиях наблюдения ( $p < 0,01$ ). Нужно отметить также, что время доминирования виртуального конуса для монокулярных и для бинокулярных условий наблюдения было достоверно больше, чем время доминирования виртуальной воронки как до, так и после лечения ( $p < 0,002$ ) в группе детей с ОМ (рис. 4).

Сравнивая средние значения высоты виртуального конуса для бинокулярных условий наблюдения в группе детей с ОМ до лечения (в среднем  $21,3 \pm 1,2$  см) и в контрольной группе (в среднем  $22,1 \pm 0,9$  см), достоверной разницы этих значений мы не обнаружили. Для монокулярных условий наблюдения средние значения высоты виртуального конуса в группе детей с ОМ были сопоставимы со средними значениями для бинокулярных условий наблюдения. Для лучше видящего глаза средние значения высоты вирту-



**Рис. 5.** Средние значения оценки величины виртуального конуса и виртуальной воронки.

По вертикальной оси – средние значения оценки величины виртуального конуса и виртуальной воронки (см), по горизонтальной оси – группы пациентов. Для детей с ОМ представлены данные до и после лечения

**Fig. 5.** The average values of evaluation values of a virtual cone and a virtual hole.

On the vertical axis – the average value of the virtual cone and the virtual hole (sm), on the horizontal axis – the group of patients. For children with RM data are presented before and after treatment

ального конуса ( $22 \pm 1,2$  см) были несколько выше, чем для хуже видящего ( $19,5 \pm 1,2$  см), однако разница не являлась статистически достоверной. В контрольной группе средние значения высоты виртуального конуса для монокулярных условий наблюдения ( $28,2 \pm 1$  см для правого и  $28,1 \pm 1$  см для левого глаза) были достоверно выше ( $p < 0,001$ ), чем для бинокулярных, а также достоверно выше ( $p < 0,001$ ) по сравнению со средними значениями для монокулярных условий у детей с ОМ (рис. 5).

В результате функционального лечения детей с ОМ среднее значение высоты виртуального конуса для бинокулярных условий наблюдения у них снизилось до  $16,8 \pm 0,9$  см и стало достоверно ниже ( $p < 0,001$ ) по сравнению как со средними значениями до лечения, так и со средними значениями в контрольной группе. В то же время средние значения высоты виртуального конуса в монокулярных условиях наблюдения после лечения повысились в группе детей с ОМ до  $25,8 \pm 0,9$  см для лучше видящего глаза ( $p < 0,02$ ) и до  $25,3 \pm 0,9$  см для хуже видящего глаза ( $p < 0,001$ ) и стали сопоставимы со средними значениями для монокулярных условий в контрольной группе.

Сравнивая средние значения величины виртуальной воронки, нужно отметить, что для монокулярных условий наблюдения не было обнаружено достоверной разницы между группой детей с ОМ (как до, так и после лечения) и контрольной группой. Среднее значение величины виртуальной воронки для бинокулярных условий наблюдения у детей с ОМ было достоверно выше до лечения ( $19 \pm 1,1$  см), чем в контрольной группе ( $16 \pm 1,1$  см) ( $p < 0,02$ ). После лечения среднее значение величины виртуальной воронки для бинокулярных условий снизилось до  $13,1 \pm 0,7$  см и стало, таким образом, достоверно ниже по сравнению со значениями, полученными как до лечения ( $p < 0,001$ ), так и в контрольной группе ( $p < 0,05$ ).

В недавней работе, посвященной изучению бистабильного восприятия стереоэффектов, на основе параллакса движения у пациентов с анизотропической и дисбинокулярной амблиопией было показано, что уменьшение контраста изображения приводило к ускорению переключения перцептов и уменьшению длительности их восприятия в контрольной группе, в то время как в группе амблиопов таких изменений не наблюдалось. Сделаны предположения об имеющихся отличиях в работе механизмов кодирования движения в зрительной систе-

ме при амблиопии и о влиянии контраста стимула на бистабильное восприятие движения [18].

Полученные нами результаты согласуются с данными предыдущих исследований, касающихся оценки СЭ у детей с бинокулярными нарушениями, показывающими, что соотношение показателей, полученных в бинокулярных и монокулярных условиях наблюдения, зависят от того, какие подсистемы переработки пространственной информации нарушены у таких пациентов [2]. В случаях, когда бинокулярные механизмы нарушены полностью, т.е. функционируют только монокулярные подсистемы – результаты оценки глубины не зависят от условий наблюдения. Если из всех бинокулярных каналов сохранна только монобинокулярная подсистема, то результаты оценки СЭ в бинокулярных условиях будут несколько ниже, чем в монокулярных. В случаях, когда функционирует еще и постмонокулярная подсистема – влияние бинокулярных условий наблюдения становится еще более выраженным, приближаясь к результатам детей без бинокулярных нарушений, у которых функционируют все бинокулярные подсистемы, включая и чисто бинокулярную.

Таким образом, изменения силовых взаимоотношений механизмов пространственного восприятия в виде увеличения вклада бинокулярного механизма характеризуют положительную динамику бинокулярных зрительных функций в результате функционального лечения.

## ВЫВОДЫ

1. В результате использования альтернирующего предъявления стереостимулов в функциональном лечении детей с ОМ наблюдается положительная динамика: уменьшение или устранение угла косоглазия, повышение остроты зрения при дисбинокулярной амблиопии, увеличение количества пациентов с устойчивым бифовсальным сли-

нием и появление у них стереозрения по результатам Fly-теста и даже в некоторых случаях по результатам Lang-теста.

2. Количество детей с ОМ, воспринимающих СЭ в виде чередующихся виртуальных фигур (конуса и воронки), увеличивается с 50 до 83,3% в результате лечения.

3. Время доминирования виртуального конуса у детей с ОМ достоверно уменьшается после лечения, достигая значений, полученных у детей контрольной группы.

4. В результате функционального лечения детей с ОМ среднее значение оценки высоты виртуального конуса для бинокулярных условий наблюдения достоверно снижается до значений меньших, чем в контрольной группе, а для монокулярных условий наблюдения – повышается до значений, сопоставимых с результатами в контрольной группе.

5. Среднее значение оценки величины виртуальной воронки для бинокулярных условий наблюдения у детей с ОМ достоверно уменьшается после лечения как по сравнению со значениями, полученными до лечения, так и полученными в контрольной группе.

6. Изменения показателей взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия могут служить дополнительными критериями оценки эффективности функционального лечения пациентов с ОМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Могилев Л.Н. Механизмы пространственного зрения. М.: Наука; 1982. [Mogilev L.N. Mekhanizmy prostranstvennogo zreniya. M.: Nauka; 1982 (In Russ.).]
2. Рожкова Г.И., Васильева Н.Н. Взаимодействие бинокулярного и стереокинетического механизмов восприятия глубины у детей с нормальным и нарушенным бинокулярным зрением. Сенсорные системы. 2001;1: 61–8. [Rozhkova G.I., Vasil'eva N.N. Vzaimodeistvie binokulyarnogo i stereokineticheskogo mekhanizmov vospriyatiya glubiny u detei s normal'nym i narushennym binokulyarnym zreniem. Sensornye sistemy. 2001;1: 61–8 (In Russ.).]
3. Рычкова И.Л. Пространственное зрение человека и животных. Изд-во Иркут. ун-та, 1990. [Rychkov I.L. Prostranstvennoe zrenie cheloveka i zhivotnykh. Izd-vo Irkut. un-ta, 1990 (In Russ.).]
4. Рычкова С.И., Васильева Н.Н. Взаимоотношение монокулярных и бинокулярных механизмов пространственного восприятия при разных видах амблиопии. Сенсорные системы. 2011;2: 119–30. [Rychkova S.I., Vasil'eva N.N. Vzaimootnoshenie monokulyarnykh i binokulyarnykh mekhanizmov

prostranstvennogo vospriyatiya pri raznykh vidakh ambliopii. *Sensornye sistemy*. 2011;2: 119–30 (In Russ.).]

5. Bista S, Leitao da Cunha IL, Varshney A. Kinetic depth images: flexible generation of depth perception. *Vis. Comput.* 2017;33: 1357–69.

6. Fischer GT. Factors affecting estimation of depth with variations of the stereokinetic effect. *Am. J. Psychol.* 1956;69: 252–7.

7. Musatti CL. La stereocinesi e il problema della struttura dello spazio visibile. *Rivista di Psicologia.* 1955;49: 3–57.

8. Vezzani S, Kramer P, Bressan P. Stereokinetic effect, kinetic depth effect, and structure from motion. In *The Oxford Handbook of Perceptual Organization*. – Oxford University Press, Oxford, UK; 2014.

9. Pastukhov A, Zaus CR, Aleshin S, et al. Perceptual coupling induces co-rotation and speeds up alternations in adjacent bi-stable structure-from-motion objects. *Journal of Vision.* 2018;18: 1–14.

10. Toppino TC, Long GM. Time for a change: What dominance durations reveal about adaptation effects in the perception of a bi-stable reversible figure. *Atten Percept Psychophys.* 2015;77: 867–82. doi:10.3758/s13414-014-0809-x.

11. Рожкова Г.И., Плосконос Г.А. Множественность механизмов бинокулярного синтеза и их избирательные нарушения при косоглазии. *Сенсорные системы*. 1988;2: 167–76. [Rozhkova GI, Ploskonos GA. Mnozhestvennost' mekhanizmov binokulyarnogo sinteza i ikh izbiratel'nye narusheniya pri kosoglazii. *Sensornye sistemy*. 1988;2: 167–76 (In Russ.).]

12. Кански Д. Клиническая офтальмология: систематизированный подход [пер. с англ.]; 2-е изд.; Под ред. В.П. Еричева. Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2009. [Kanski D. Klinicheskaya oftalmologiya: sistematizirovannyi podkhod; Ed. V.P. Elicheva. Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2009 (In Russ.).]

13. Рыков СА, Сениякина АС. Виды косоглазия и их классификация. *Российская детская офтальмология*. 2013;2: 45–52. [Rykov SA, Senyakina AS. Vidy kosoglaziya i ikh klassifikatsiya. *Rossiiskaya detskaya oftalmologiya*. 2013;2: 45–52 (In Russ.).]

14. Amortila M. La correspondance rétinienne en pratique. *Revue Francophone d'Orthoptie*. 2018;11: 120–26.

15. Espinasse-Berrod M-A. Strabologie: approches diagnostique et thérapeutique. Paris: Elsevier; 2018.

16. Rychkova S, Gracheva M, Zhmurov M. Alternation frequency ranges for stereopsis in patients with strabismus. 39th European Conference on Visual Perception 2016. Barcelona, Spain. 28th of August – 1st of September. *Perception*. 2016;45;Suppl: 300.

17. Рычкова С.И. Опыт индивидуального подбора режима альтернирующего предъявления стимулов в функциональном лечении косоглазия. Российский общенациональный офтальмологический форум, 11-й: Сб. науч. тр.: В 2 т. / Под ред. В.В. Нероева. – М.: Апрель, 2018. Т. 1. С. 203–7. [Rychkova SI. Opyt individual'nogo podbora rezhima al'terniruyushchego pred'yavleniya stimulov v funktsional'nom lechenii kosoglaziya. *Rossiiskii obshchenatsional'nyi oftalmologicheskii forum*, 11-i: Sb. nauch. tr.: / Ed. V.V. Neroev. – M.: Aprel', 2018. Vol. 1: 203–7 (In Russ.).]

18. Liu Y, Zhou Y, Tzvetanov T. Globally normal bistable motion perception of anisometric amblyopes may profit from an unusual coding mechanism. *Frontiers in Neuroscience*. 2018;12: 391–8.

Поступила 01.02.2019

**Организаторы:**

- Министерство здравоохранения Российской Федерации
- Общероссийская общественная организация «Общество офтальмологов России» (ООР)

**Тематика съезда включает разделы:**

- организация офтальмологической помощи, медико-социальные проблемы
- кадровая политика
- заболеваемость, слепота и слабовидение, реабилитация
- современные методы диагностики в офтальмологии
- воспалительные, инфекционные и аллергические заболевания глаз
- глаукома
- рефракционные нарушения
- заболевания хрусталика
- заболевания роговицы, кератопластика, кератопротезирование. Глазной тканевый банк и клеточные технологии
- витреоретинальная патология
- нейроофтальмология и глазодвигательные нарушения
- детская офтальмология
- заболевания придаточного аппарата глаза и орбиты
- офтальмоонкология
- офтальмотравматология



18-20 июня 2020 г.  
Москва

XII Съезд  
офтальмологов России



**Принимаются к опубликованию тезисы докладов (информация о приеме тезисов будет размещена позднее).**

**Приглашаем всех принять участие в работе XII-го Съезда офтальмологов России!**

**Информационный партнер съезда – газета ООР «Мир офтальмологии»**

**Перед началом съезда 17 июня состоится конференция молодых ученых «Актуальные проблемы офтальмологии»**