

**МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИННОВАЦИЙ И
НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ – ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР ИМЕНИ А.И. БУРНАЗЯНА» ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-
БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА РОССИИ**

На правах рукописи

Рычкова Светлана Игоревна

**РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛЕЧЕНИЯ НАРУШЕНИЙ БИНОКУЛЯРНОГО
И СТЕРЕОЗРЕНИЯ У ДЕТЕЙ**

3.1.5 – Офтальмология

Диссертация на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научный консультант:

доктор медицинских наук,

профессор В.Г. Лихванцева

Москва - 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 Обзор литературы.....	14
1.1 Значение бинокулярного и стереозрения в жизни современного человека .	14
1.2 Роль сенсорной, моторной, проприоцептивной и аккомодационной систем в работе бинокулярного зрения	17
1.3 Возможные причины и основные проявления нарушений бинокулярных зрительных функций.....	23
1.4 Методы диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения	37
1.4.1 Методы диагностики окуломоторных нарушений.....	37
1.4.2 Методы диагностики аккомодационного компонента бинокулярного зрения	41
1.4.3 Методы диагностики корреспонденции сетчаток	43
1.4.4 Методы исследования стереозрения.....	47
1.4.5 Оценка выраженности зрительных иллюзий.....	50
1.5 Способы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения	52
ГЛАВА 2 Материалы и методы.....	62
2.1 Дизайн исследования	62
2.2 Материалы исследования	63
2.3 Методы диагностики.....	68
2.3.1 Общеклинические методы исследования.....	68
2.3.2 Традиционные методы диагностики бинокулярного и стереозрения..	68
2.3.2.1 Методика диагностического исследования на синоптофоре	68
2.3.2.3 Исследование характера зрения при помощи четырехточечного цветотеста	72
2.3.2.4 Классический тест Баголини	73
2.3.2.5 Исследование бинокулярных зрительных функций на аппарате АВИЗ-01 (бинариметре).....	74
2.3.2.6 Методика исследования стереокинетического эффекта.....	78
2.3.2.7 Методы исследования стереозрения с Fly-test и Lang-test	79
2.3.2.8 Метод количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера.....	80
2.3.2.9 Метод исследования иллюзии вращения неоднозначных фигур	81

2.4 Методы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения	82
2.4.1 Методика ортоптического лечения на синоптофоре	82
2.4.2 Методика лечения на бинариметре	83
2.4.3 Жидкокристаллические очки.....	84
2.4.4 Комплекс компьютерных программ "EYE"	86
2.5 Методы статистического анализа.....	87
ГЛАВА 3 Результаты собственных исследований	89
3.1 Разработка методов диагностики бинокулярного и стереозрения.....	89
3.1.1 Результаты сравнительного исследования величины девиации разными способами у детей с содружественным косоглазием.....	89
3.1.2 Результаты апробации разработанной собственной модификации теста Баголини для анаглифных условий разделения полей зрения.....	90
3.1.3 Результаты сравнительного исследования корреспонденции сетчаток у детей с содружественным косоглазием при использовании разных принципов разделения полей зрения	98
3.1.4 Результаты апробации разработанной компьютерной программы «Скотомы» для качественной и количественной оценки функциональной скотомы подавления у детей с содружественным косоглазием	104
3.1.5 Разработанный способ исследования парадоксальной монокулярной фузии	112
3.1.6 Оптимизация методики исследования оптической коррекции, остроты зрения и аккомодации под контролем бификсации	120
3.1.7 Результаты исследования стереокинетического эффекта	127
3.1.8 Результаты апробации разработанных компьютерных технологий для исследования стереозрения в разных режимах предъявления стереостимулов	135
3.1.9 Исследование зрительных иллюзий у детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения.....	171
3.1.9.1 Результаты количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера	171
3.1.9.2 Исследование диапазона существования иллюзии Поггендорффа при помощи разработанного способа количественной оценки.....	173
3.1.9.3 Результаты количественной оценки иллюзии вращения неоднозначных фигур.....	178
3.1.9.4 Разработанный метод количественной оценки иллюзии «мерцающей решетки»	181

3.2 Результаты использования разработанных алгоритмов функционального лечения детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения	192
3.2.1 Результаты лечения детей 1 группы с содружественным косоглазием	192
3.2.2 Результаты лечения детей 2 группы с содружественным косоглазием	214
3.2.3 Результаты лечения 3 группы детей с содружественным косоглазием	229
3.2.4 Сравнение результатов лечения детей с косоглазием контрольной группы и детей исследуемых 1-3 групп	233
3.2.5 Результаты лечения детей с рефракционной амблиопией с использованием разработанной программы «Бабочка»	236
3.2.6 Сравнение результатов лечения рефракционной амблиопии у детей с использованием разработанной собственной программы и классических программ комплекса «ЕУЕ»	238
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	241
ВЫВОДЫ	263
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	265
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	266
Список сокращений	299

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Бинокулярное зрение представляет собой объединенную деятельность сенсорных и моторных систем обоих глаз, обеспечивающую одновременное направление зрительных осей на объект фиксации, слияние монокулярных изображений этого объекта в единый зрительный образ и локализацию его в соответствующее место пространства [1, 46, 110, 234].

Бинокулярный механизм, работая содружественно с эволюционно более древним – стереокинетическим, составляет основу многоуровневой системы пространственного зрения. На «базовом» уровне возникает пространственное ощущение, на «ассоциативном» формируется пространственное восприятие и на еще более высоком «мыслительном» происходит пространственная оценка и организуется целенаправленное поведение. При этом каждый функциональный уровень включает все анатомические структуры зрительного анализатора от рецепторов сетчатки до корковых центров [73, 110].

Наиболее совершенным проявлением работы бинокулярного механизма является стереоскопическое зрение, позволяющее оценивать рельефность объектов и протяженность пространства на основе бинокулярных параллаксов при наблюдении реальной пространственной картины и при отдельном предъявлении правому и левому глазу изображений, составляющих стереограмму [96].

Роль бинокулярного и стереозрения в жизни современного человека трудно переоценить в связи с активным использованием стереотехнологий в различных областях его производственной, научной и учебной деятельности [143, 130, 126, 74, 27, 245, 194, 195].

Нарушения бинокулярного и стереозрения, наблюдающиеся при многих офтальмологических заболеваниях, могут ограничивать выбор профессии и видов спорта [67, 75, 27].

Классическая система плеопто – ортопто – диплоптического функционального лечения бинокулярных нарушений включает лечебные

мероприятия, направленные на устранение главных препятствий для развития бинокулярного механизма – функциональной скотомы подавления (ФСП) и аномальной корреспонденции сетчаток (АКС), а затем на формирование нормального бинокулярного и стереозрения [1, 42, 54, 67, 122, 203].

При этом, несмотря на множество существующих методов зрительных тренировок, аппаратного лечения и компьютерных технологий, в настоящее время отсутствуют патогенетически обоснованные алгоритмы их использования с учетом характера проявлений и степени выраженности бинокулярных нарушений.

В основном это обусловлено отсутствием достаточно эффективной комплексной системы диагностики, позволяющей выявлять и дифференцировать нарушения, касающиеся не только отдельных компонентов бинокулярного зрения, но и их взаимодействия в общем контексте пространственного восприятия [91, 95, 107, 108]. Более детального диагностического исследования с целью персонифицированного подхода к лечению в настоящее время требуют пространственно-временные характеристики ФСП, закономерности аккомодационно-конвергентной синкинезии, проявления аномальных ретино-кортикальных связей [54, 203, 242].

Стремительное развитие компьютерной техники значительно расширяет возможности диагностики и функционального лечения нарушений зрительных функций. [106, 226, 227, 294, 212].

Между тем, несмотря на разнообразие предлагаемых специальных компьютерных программ, до сих пор отсутствует четкое представление о необходимых параметрах используемых зрительных стимулов и оптимальных режимах их предъявления в зависимости от характера и степени бинокулярных нарушений у пациента. Очевидно, что данная проблема также связана с недостаточной разработанностью системы диагностики, ориентированной прежде всего на аппаратные условия исследования и не позволяющей

использовать в полной мере преимущества компьютерных технологий. При этом механическое сопоставление результатов оценки бинокулярных зрительных функций, полученных в разных условиях наблюдения, может приводить к ошибкам в интерпретации полученных данных и, соответственно, неправильному подходу к лечению пациента.

Нужно учитывать, что векторные отношения бинокулярного и монокулярного механизмов пространственного восприятия могут меняться в искусственных условиях наблюдения, используемых в различных стереотехнологиях и системах виртуальной реальности, а также при офтальмопатологии [73, 110, 100, 70]. В связи с этим, приобретает актуальность разработка методов оценки выраженности зрительных иллюзий - систематических ошибок в оценке различных свойств (размера, формы, цвета, положения и перемещения в трехмерном пространстве) рассматриваемых объектов у детей с офтальмопатологией.

ЦЕЛЬ – разработка и оценка клинической эффективности комплексной системы диагностики и функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения у детей.

Задачи исследования:

1. Разработать на основе современных представлений о многоуровневой организации пространственного восприятия комплексную систему диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения, обеспечивающую персонализированный подход к выбору оптимальной тактики функционального лечения выявленных нарушений.
2. Проанализировать результаты определения величины девиации на синоптофоре и при помощи призм для оценки моторного компонента бинокулярного зрения на базовом уровне пространственного восприятия и его учета в алгоритме функционального лечения.

3. Разработать в рамках исследования сенсорного компонента бинокулярного зрения модификацию классического теста Баголини для условий анаглифного разделения полей зрения с целью индивидуального подбора параметров компьютерных программ, используемых в функциональном лечении нарушений бинокулярного и стереозрения.
4. Провести сравнительный анализ корреспонденции сетчаток у детей с содружественным косоглазием под объективным и субъективным углом косоглазия при механическом, анаглифном и растровом разделении полей зрения для определения условий, обеспечивающих единые принципы проецирования изображения на сетчатку того и другого глаза, что, в свою очередь, необходимо для сопоставления результатов, полученных разными способами и выбора оптимальных параметров зрительной стимуляции.
5. Создать эффективный способ количественной и качественной оценки функционального торможения зрительной информации в центральных отделах зрительного анализатора – одного из основных препятствий для восстановления бинокулярного и стереозрения, с целью мониторинга бинокулярных зрительных функций и оценки эффективности проводимого лечения.
6. Разработать способ диагностики, изучить частоту возникновения и основные характеристики парадоксальной монокулярной фузии, возникающей в результате формирования патологических ретино-кортикальных связей с целью выбора оптимального алгоритма функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения.
7. Изучить закономерности проявлений аккомодационно-конвергентной синкинезии при содружественном косоглазии и определить экспертные критерии индивидуального подбора оптимальной оптической коррекции при проведении зрительных упражнений в условиях бификсации.
8. Исследовать на ассоциативном уровне пространственного восприятия проявления зрительных иллюзий и оценить возможность их использования в

дифференциальной диагностике органической и функциональной патологии зрительного анализатора у детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения.

9. Изучить параметры зрительных стимулов и режимов их предъявления, необходимые для возникновения стереоэффекта, и на основе полученных данных разработать компьютерные технологии, позволяющие проводить диагностику качества стереозрения и функциональное лечение его нарушений.

10. Создать алгоритмы функционального лечения при разных видах нарушений бинокулярного и стереозрения у детей и оценить их эффективность.

Научная новизна

Впервые, благодаря использованию разработанной многоуровневой системы диагностики бинокулярного и стереозрения, получены новые научные данные, расширяющие представления о проявлениях нарушений сенсорного, окуломоторного и аккомодационного компонентов бинокулярного механизма на базовом уровне и нарушений восприятия стереостимулов и зрительных иллюзий на ассоциативном уровне пространственного зрения у детей с различной офтальмопатологией.

Впервые, благодаря разработанным диагностическим методам, детально исследованы взаимоотношения пространственно-временных параметров функционального торможения зрительной информации, являющегося одним из главных препятствий для восстановления и развития бинокулярного и стереозрения у детей с косоглазием и амблиопией.

Впервые проведен детальный анализ и описаны клиничко-функциональные проявления уникального зрительного явления – парадоксальной монокулярной фузии, отражающего неадекватное использование бинокулярных механизмов пространственного восприятия при одновременном проецировании одного изображения на центральную зону сетчатки косящего глаза, а парного ему изображения – на геометрически

соответствующий углу косоглазия периферический участок сетчатки того же глаза.

Впервые при помощи разработанной компьютерной технологии исследования стереозрения, предусматривающей использование разных режимов предъявления стереостимулов с определенными характеристиками, раскрыты индивидуальные особенности стереовосприятия у детей с различными нарушениями бинокулярных зрительных функций.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработана, апробирована и предложена для практического применения эффективная комплексная система диагностики, позволяющая проводить детальный анализ нарушений взаимодействия сенсорного, окуломоторного и аккомодационного компонентов бинокулярного механизма, а также векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов у детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения и выполнять мониторинг функционального лечения.

Предложен, апробирован и внедрен новый, высокоэффективный бинариметрический метод диагностики парадоксальной монокулярной фузии, позволяющий выявлять патологические ретино-кортикальные связи у пациентов с содружественным косоглазием в четыре раза чаще, чем синоптофор, и исследовать данный зрительный феномен как в бинокулярных, так и в монокулярных условиях наблюдения, что облегчает выбор алгоритма лечения, направленного на устранение патологических и формирование нормальных ретино-кортикальных отношений.

Впервые на основе разработанной системы качественных и количественных экспертных критериев диагностики остроты зрения, оптимальной оптической коррекции и аккомодации под контролем бификсации проведен анализ эффективности использования гиперкоррекции при проведении зрительных упражнений на начальном этапе функционального лечения детей с содружественным косоглазием на фоне «соответствующей»

рефракции и гипокоррекции на фоне «несоответствующей» рефракции, что обеспечивает персонифицированный подход к созданию наиболее благоприятных условий для формирования бинокулярного зрительного образа.

Предложен способ количественной оценки выраженности зрительных иллюзий в качестве дополнительного дифференциально-диагностического критерия органических и функциональных нарушений у детей с нарушением бинокулярного и стереозрения.

Созданная система диагностики нарушений стереозрения на основе компьютерных технологий с разными режимами предъявления различных стереостимулов позволяет обеспечить персонифицированный подход к выбору параметров и режимов предъявления зрительных стимулов при проведении функционального лечения, что приводит к улучшению показателей фузионной способности, повышению остроты зрения, развитию стереозрения и улучшению его качества у пациентов с содружественным косоглазием и рефракционной амблиопией.

Разработанные алгоритмы функционального лечения бинокулярных нарушений на основе разработанных экспертных критериев диагностики обеспечивают персонифицированный подход к функциональному лечению детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения

Положения, выносимые на защиту:

- 1.** Многоуровневая система экспертных критериев диагностики бинокулярного и стереозрения у детей, разработанная с учетом принципов системной организации пространственного зрения, позволяет эффективно выявлять и дифференцировать возможные причины его нарушений.
- 2.** Разработанная комплексная система диагностики позволяет проводить полный и детальный анализ феномена функционального торможения зрительной информации, патологических ретино-кортикальных связей, нарушений взаимодействия сенсорного, моторного и аккомодационного компонентов бинокулярного зрения, выраженности зрительных иллюзий,

условий формирования стереоэффекта, а также анализ векторных отношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения у детей с офтальмопатологией.

3. Созданные алгоритмы функционального лечения бинокулярных нарушений на основе разработанных экспертных критериев диагностики обеспечивают персонифицированный подход к функциональному лечению детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения.

4. Эффективность созданных алгоритмов функционального лечения бинокулярных нарушений подтверждается полученной положительной динамикой: улучшением фузионной способности; увеличением фузионных резервов; повышением монокулярной и бинокулярной остроты зрения; улучшением взаимодействия сенсорного, моторного, проприоцептивного и аккомодационного компонентов бинокулярного механизма, повышением качества стереозрения; а также нормализацией векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов пространственного зрения.

Внедрение результатов исследования

Разработанные способы диагностики и функциональной коррекции зрительных нарушений применяются на базе кабинета офтальмолога ШО№5 (для детей с офтальмопатологией) ГБОУ Школа 1499 г.Москвы; кабинета охраны зрения ГБУЗ ДГП №7 г. Москвы; используются в комплексе компьютерных программ для диагностики и развития зрительных функций, разработанном в НПП Центр «Реабилитация» РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Результаты исследования используются также в цикле лекций для врачей-офтальмологов и ординаторов на кафедре глазных болезней Медико-биологического Университета Инноваций и Непрерывного Образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены и обсуждены: на Европейских конференциях по зрительному восприятию (ECVP) в 2008 г. (Utrecht, Netherlands), в 2009 г. (Regensburg, Germany), в 2010 г. (Lausanne, Switzerland), в 2011 г. (Toulouse, France), в 2012 г. (Alzhero, Italia), в 2013 г. (Bremen, Germany), в 2015 г. (Liverpool, UK), в 2016 г. (Barcelona, Spain), в 2017 г. (Berlin, Germany), в 2019 г. (Leuven, Belgium); на научно-практических конференциях «Федоровские чтения» (Москва) в 2006, 2007, 2008, 2013 гг.; на научных конференциях офтальмологов «Невские горизонты-2012», «Невские горизонты-2014», «Невские горизонты-2016», «Невские горизонты-2018» (СПб); на 41-м собрании Европейского педиатрического офтальмологического общества (41-st Meeting of the European Paediatric Ophthalmological Society) в 2015 г. (СПб); на Российских Общенациональных Офтальмологических Форумах в 2015 и 2018 гг., на первом международном симпозиуме по физиологии зрения (1st International Symposium on Visual Physiology, Environment, and Perception) в 2016 г. (Riga, Latvia).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 52 работы. Из них: 17 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 1 монография, 14 статей в отечественных журналах, 3 – в зарубежных журналах (2 из них в WoS, Scopus), 7 – в отечественных сборниках, 10 – в зарубежных сборниках (входят в WoS). Получено 4 патента.

Структура и объем диссертации

Работа включает следующие разделы: введение, обзор литературы, описание материала и методов исследования, результатов собственных исследований, заключения, практических рекомендаций, выводов и библиографии, включающей 345 источников (из них 200 иностранных). Общий объем диссертации составляет 299 страниц печатного текста, работа иллюстрирована 64 рисунками и 81 таблицей.

ГЛАВА 1 Обзор литературы

1.1 Значение бинокулярного и стереозрения в жизни современного человека

Основой бинокулярного зрения является способность зрительного анализатора к сопоставлению двух оптических изображений наблюдаемой зрительной сцены, формируемых на сетчатках правого и левого глаза с учетом позиций двух глаз при фиксации объекта. При этом качество и согласованность изображений на сетчатках обоих глаз зависит от взаимосвязанного функционирования сенсорной, моторной, проприоцептивной и аккомодационной систем зрительного анализатора. Стереоскопическое зрение, являясь наиболее совершенной формой работы бинокулярной зрительной системы, позволяет оценивать рельефность объектов и их точное расположение в трехмерном пространстве [1, 45, 110, 98, 96, 236, 234].

Наличие бинокулярного и стереозрения является необходимым условием успешной профессиональной деятельности человека в таких областях как прецизионные работы, вождение транспортных средств, летные профессии, многие виды профессионального спорта, работа хирурга. Например, в последнее время появляется все больше публикаций, посвященных использованию офтальмохирургами 3D технологий в «хирургии поднятой головы», позволяющей без потери качества изображения операционного поля увеличивать свободу действий и минимизировать усталость хирурга за счет более физиологической позиции [74, 195, 194]. Для создания стереоэффекта в таких системах применяют поляризационный, анаглифный или фазовый принцип разделения полей зрения. В некоторых зарубежных публикациях также сообщается об успешной апробации офтальмохирургами систем с использованием специального микроскопа и шлема виртуальной реальности [194]. В то же время, в исследованиях, посвященных оценке безопасности, эффективности и эргономичности 3D технологий в офтальмохирургии отмечается, что в некоторых случаях длительная работа с создаваемым на экране стереоизображением может вызывать зрительный дискомфорт и

утомление. Показано, что это зависит от состояния аккомодации, рефракции, показателей стереозрения и особенно от величины фузионных резервов офтальмохирурга [74].

Сообщается об успешном применении 3D визуализации при различных эндоскопических исследованиях, а также для планирования и выполнения хирургических вмешательств (computer-assisted surgery) [143, 309]. Например, наложение в режиме реального времени реконструированной 3D компьютерной томографии на видеоизображение при проведении лапароскопической операции позволяет хирургу оценить границы патологического процесса и наблюдать внутренние структуры в условиях «полупрозрачности» [318].

В клинической диагностике и научных исследованиях трехмерная 3D визуализация также помогает получать более полную информацию [125].

Различные стереотехнологии находят все более широкое применение и в образовательном процессе [27, 126]. Примером использования стереотехнологий для обучения студентов-медиков может служить разработанный в последние годы оптико-аппаратно-программный комплекс «Трёхмерный медицинский атлас» [116]. Создаются и совершенствуются системы виртуальной реальности для обучения студентов и начинающих врачей хирургическим навыкам [128, 67].

Системы виртуальной реальности активно используются в тренажёрах для водителей автотранспорта и в авиационных тренажёрах для наземной подготовки пилотов [76, 130].

В школьном обучении применение различных стереотехнологий позволяет создавать интересные игровые обучающие программы для детей, что имеет большое значение в формировании у них познавательной мотивации. Для этого используют как наиболее простые способы (например печатные изображения, созданные для условий анаглифного разделения полей зрения), так и более сложные – компьютеры с 3D экранами мониторов, системы дополненной реальности (информация генерируемая компьютером

накладывается поверх изображений реального мира), смешанной реальности (виртуальный мир связан с реальным и включает его в себя) и виртуальной реальности (создаваемый техническими средствами виртуальный мир, не связанный с окружающей действительностью). Дальнейшие разработки и совершенствование систем виртуальной реальности имеют большие перспективы в обучении детей, так как предоставляют возможность посещать в виртуальном пространстве музеи и места исторических событий; проводить виртуальные лабораторные эксперименты; взаимодействовать с макро- и микрообъектами; не только наблюдать, но и проектировать трехмерные объекты [127, 126]. Между тем, пользователи, имеющие нарушения бинокулярного и стереозрения, не получают преимуществ, создаваемых трехмерными изображениями. Более того, занятия со стереосистемами и даже просмотр стереофильмов может вызвать у них зрительный дискомфорт, головные боли и другие астенопические явления [105, 26, 31]. Этот аспект чрезвычайно актуален при использовании стереосистем в образовательном процессе у детей.

Нужно учитывать также, что даже в норме показатели бинокулярных функций у детей дошкольного и младшего школьного возраста значительно снижены по сравнению с показателями взрослых. Несмотря на то, что основы бинокулярного зрения формируются у ребенка уже на первом году жизни, бинокулярные зрительные функции и стереозрение продолжают развиваться и совершенствоваться вплоть до подросткового возраста [24, 26]. Поэтому недостаточно зрелая бинокулярная система детей испытывает более сильную нагрузку при работе со стереосистемами или при просмотре стереофильмов по сравнению с бинокулярной системой взрослых.

Бинокулярные зрительные нарушения, особенно такие, как недостаточность конвергенции и фузионных резервов, затрудняют освоение навыков чтения и их совершенствование у детей [26, 83, 193]. Кроме того, нарушения аккомодационно-конвергентной синкинезии могут служить

причиной развития астенопических явлений при зрительной работе на близком расстоянии, что может в свою очередь провоцировать дальнейшее ухудшение бинокулярного зрения [56, 57, 58, 245, 158, 211].

1.2 Роль сенсорной, моторной, проприоцептивной и аккомодационной систем в работе бинокулярного зрения

Работа бинокулярного зрения обеспечивается взаимодействием сенсорной, оптической, окуломоторной системами, в которое включаются элементы волевого управления, рефлекторные движения глаз и мышечное чувство положения тела [91, 92, 59, 288, 311].

Исследованиям бинокулярного зрения посвящено огромное число работ, но при всем разнообразии данных, касающихся анатомо-функциональных структур, очевидно, что работа механизма бинокулярного зрения направлена на осуществление функционального объединения двух монокулярных зрительных систем. Процесс объединения (слияния) двух монокулярных изображений – фузию, условно разделяют на сенсорную и моторную [45, 54, 242, 203].

Сенсорная фузия – это объединение зрительной информации, приходящей из корреспондирующих ретинальных зон в единый зрительный образ, с учетом информации как от фовеальной зоны, так и от периферии сетчатки.

Успешная сенсорная фузия является необходимым условием для обеспечения стереозрения - наиболее утонченной формы работы зрительной системы, позволяющей анализировать информацию о глубине и рельефе.

Различают **качественное** и **количественное** стереозрение. Эти две формы стереозрения различаются по степени бинокулярной диспаратности, а также по требуемому времени предъявления стимулов. **Качественное стереозрение** возникает при большой диспаратности и требует короткого времени предъявления стимулов (меньше 0,5 с). **Количественное стереозрение** появляется при минимальной диспаратности, но требует более значительной продолжительности предъявления стимулов. Количественная стереоскопия

позволяет оценить все 3D качества объекта, расположенного возле точки фиксации, в то время как качественная стереоскопия – это средство предупреждения о появлении объекта в поле зрения [242, 203].

Выделяют так же **локальное** и **глобальное** стереозрение. Эти две формы позволяют получить зрительный анализ рельефа. Для того, чтобы определить существуют ли объекты в разных плоскостях, используется **глобальное стереозрение**. Оно позволяет анализировать одновременно все свободное пространство без исследования особой формы. В противоположность этому, **локальное стереозрение** необходимо для определения формы объекта, который может быть объемным [242, 203].

Ретиногеникулостриарные пути, обеспечивающие стереозрение и передающие информацию, необходимую для обработки зрительной информации, включают разные каналы, основными из которых являются парвоцеллюлярный и магноцеллюлярный, каждый из которых играет свою роль в стереозрении [117, 302]

Зрительная информация передающаяся по магноцеллюлярному каналу, передается от α -ганглиозных клеток, расположенных в сетчатке на 5-20° периферичнее фовеа. Учитывая высокую скорость передачи импульсов по аксонам этих клеток, латентный период для формирования стереообраза в данном случае относительно короткий. В кортикальном отделе аксоны α -ганглиозных клеток идут к сложным клеткам V1. Обработка информации, передаваемой по магноцеллюлярному пути является довольно «грубой», позволяющей судить о перемещении по глубине движущихся объектов и о пространственном расположении объектов, имеющих низкую пространственную частоту (большие размеры). Наименьшая величина диспаратности, информация о которой передается по этому каналу, составляет 40" [263, 172].

Стереозрение, обеспечиваемое парвоцеллюлярным каналом, соответствует локальному количественному стереопсису. Оно является более

«тонким» механизмом с чувствительностью к диспаратности от 2" до 1200". Относящиеся к этому каналу β -ганглиозные клетки сетчатки локализованы в фовеальной зоне. При удалении от фовеа более чем на 5° способность к стереовосприятию, соответствующему данному каналу, значительно снижается. Он является более чувствительным для стимулов, обладающих высокой пространственной частотой. Аксоны β -ганглиозных клеток идут в корковом отделе к простым и сложным клеткам V1. Скорость проведения импульсов по аксонам парвоцеллюлярного канала относительно низкая. Вследствие этого латентный период для формирования «парвоцеллюлярного стереообраза» примерно в два раза больше, чем для «магноцеллюлярного стереообраза» [263, 203]. Различия в работе парвоцеллюлярного и магноцеллюлярного каналов, обеспечивающих стереозрение, имеет большое значение для диагностики и функциональной коррекции нарушений стереозрения, так как при поражении парвоцеллюлярного канала, возможно, тем не менее, более грубое стереовосприятие если магноцеллюлярный канал остается сохранным [276].

Кроме того, согласно современным представлениям, выделяют две монокулярных и три бинокулярных подсистемы обработки пространственной зрительной информации. При этом только одна из трех бинокулярных подсистем является чисто бинокулярной и реагирует на диспаратность сигналов, поступающих от обоих глаз. Монобинокулярная подсистема срабатывает при поступлении сигналов как через оба глаза, так и через один. Постмонокулярная – формирует трехмерные образы на основе синтеза деталей и признаков, которые выделяются обеими монокулярными подсистемами и обеспечивает бинокулярный синтез «конфликтующих изображений» [82, 97, 98, 103, 30].

Моторная фузия (оптомоторный фузионный рефлекс) – движения глаз, обеспечивающие перевод изображения с диспаратных участков на корреспондирующие, с целью устранения диплопии и создания условий для осуществления сенсорной фузии. Благодаря информации от экстрафовеальной

сетчатки и фузионным движениям изображения «наводятся» на центральные ямки и удерживаются на них [54, 242, 203].

Рассматривая моторный компонент бинокулярного зрения, при фиксированном положении головы выделяют два класса бинокулярных двигательных программ: вергентные и верзионные. При наклоне головы обнаруживается третий класс движений во фронтопараллельной плоскости – циклоторсионные движения [136, 305].

Вергентные движения обеспечивают удержание на фовеа обоих глаз проекций наблюдаемого объекта при его смещениях в сагиттальной плоскости (ближе-дальше). Выделяют две фазы вергенции: 1) начальная фаза движения – быстрая, но довольно «грубая», соответствует большим значениям диспаратности; 2) конечная фаза – медленный, но точный механизм, обеспечивающий успешную бификсацию и «тонкое» стереовосприятие [201, 323, 203]. Теория стереовосприятия при активном участии микровергенции предложена еще И.М.Сеченовым в 1878 году, а также описана P.Buser и M.Imbert, наряду с классической теорией зоны Панума [115, 175]. Согласно данным представлениям, благодаря микровергенции (мельчайшим изменениям сведения и разведения зрительных осей) зрительная система «сканирует» фиксируемый объект (или предъявляемый в искусственных условиях стереостимул), при этом в структурах памяти суммируется информация о величине саккад и анализируется затем с учетом информации о соответствующем возбуждении рецептивных полей сетчатки того и другого глаза. Таким образом, регистрируемые вергентные движения могут характеризовать программу движения глаз, необходимую для восприятия трехмерного пространства [91].

Фузионные вергентные движения совершаются в определенных границах, которые обозначаются амплитудой или резервами фузии. Фузионные резервы определяются максимальной конвергенцией (положительные резервы) и максимальной дивергенцией (отрицательные резервы), а также супра- и

инфравергенцией, при которых еще возможно фузирование изображений объектов. Фузионные резервы обеспечивают устойчивость бинокулярного зрения, компенсируют гетерофорию, присутствующую у 80% людей, препятствуют развитию мышечной астенопии и создают условия для продолжительной работы на близком расстоянии [140, 136].

Верзионные движения обеспечивают положение в центральной зоне сетчаток обоих глаз проекции наблюдаемого объекта при его смещениях во фронтальной плоскости (вправо-влево). При этом медленные верзионные движения (фиксационные, прослеживающие, медленная фаза оптокинетического нистагма и вестибуло-окулярный рефлекс) обеспечивают удержание проекции объекта на фовеа, а быстрые (саккады) - скачкообразный перевод взгляда с одной точки окружающего пространства на другую [256, 319].

Для преодоления тормозных процессов, возникающих при фиксации объекта в длительно стимулируемом участке сетчатки, глаза совершают произвольные микродвижения трех основных типов – тремор, микросаккады и дрейф. Во время дрейфов, саккад и тремора двигательные программы обоих глаз обычно хорошо согласованы и выполняются под контролем глазодвигательных центров ствола мозга [141, 129, 136, 85, 305, 281, 297]. При этом микросаккады являются постоянным генератором сигналов рассогласования с сетчатки и проприорецепторов для наилучшего выбора дрейфовых колебаний, что в итоге обеспечивает рефлекс зрительной фиксации [129, 79, 34, 91]. Установлено, что при проприоцептивном дефиците экстраокулярных мышц, вызванном инфекционным заболеванием или оперативным вмешательством на этих мышцах, происходит нарушение пространственного зрения [177, 283, 332].

Стабильность зрительного восприятия невозможна без участия вестибулярного и слухового анализатора, проприоцептивных сигналов от мышц шеи, головы, конечностей, без ощущения «схемы тела» [15, 85, 250, 190,

266, 300]. Установлено, что поражение как периферических, так и центральных структур, участвующих в осуществлении оптико-вестибулярного рефлекса могут приводить к глазодвигательным нарушениям [213].

Большую роль в работе бинокулярного механизма играет также **система аккомодационно-ковергентной синкинезии**.

Аккомодация позволяет обеспечить постоянную четкость изображения на сетчатке независимо от того на какой глубине находится фиксируемый объект, меняя оптическую силу одновременно обоих глаз. Для обеспечения четкости изображения приближающегося объекта зрительная система использует триаду механизмов: 1) увеличение преломляющей силы хрусталика; 2) сужение зрачка; 3) конвергентные движения глаз, обеспечивающие возможность фиксировать приближающийся объект двумя глазами одновременно [56, 58, 121, 54].

В механизме конвергенции различают несколько компонентов, работающих согласованно: 1) конвергенция произвольная, которую можно развивать благодаря тренировкам; 2) конвергенция проксимальная – срабатывает при приближении объекта (она может вмешиваться в «аппаратную» конвергенцию (синоптор, микроскоп, бинокль)); 3) конвергенция тоническая (базовый тонус конвергенции) – должна совершенствоваться и поддерживать параллелизм положения глаз; более выраженная у детей, с возрастом она постепенно уменьшается; 4) конвергенция аккомодационная – срабатывает на аккомодационные стимулы; 5) конвергенция фузионная, вызываемая перекрестной диплопией [51, 219, 201, 323].

Считают, что угол конвергенции в призматических диоптриях (prD) равен аккомодации в диоптриях, умноженной на межзрачковое расстояние в сантиметрах. При заданной константной аккомодации углом конвергенции можно варьировать, используя призмы, и оценить, таким образом, амплитуду относительной конвергенции. Также можно оценить амплитуду относительной

аккомодации, используя положительные и отрицательные линзы при заданной постоянной конвергенции. Это позволяет определить зону амплитуды относительной аккомодации и конвергенции, в пределах которой возможна фузия одновременно с четким видением объекта [2, 54, 203].

1.3 Возможные причины и основные проявления нарушений бинокулярных зрительных функций

К моменту рождения ребенка его зрительная система близка по строению к зрительной системе взрослого человека, но отличается от нее функциональной незрелостью [166, 154]. Развитие нейрональных структур зрительной системы в постнатальном периоде включает селекцию нейронов путем апоптоза, синаптогенез (создание новых связей между нейронами) и миелинизацию (для улучшения качества и скорости передачи информации). Эти процессы позволяют в первые месяцы жизни ребенка реорганизовывать структурно-функциональные элементы зрительной системы в соответствии со зрительными задачами. При этом в ходе развития зрительной системы сохраняются только функционирующие синапсы, а элементы, не получающие оптимальной стимуляции, деградируют. Нарушение или отсутствие зрительного опыта приводит к дезорганизации работы зрительной коры, что может, например, выражаться в нарушениях структуры колонок глазодоминантности, соответствующих амблиопичному глазу [188].

В первые дни жизни ребенка движения его глаз не согласованы. Рефлекс фиксации объекта возникает только приблизительно к двум месяцам жизни [185]. В это время движения глаз становятся более плавными, следящими, формируется опто-моторный фузионный рефлекс, появляется тенденция к бификсации, что создает условия для работы бинокулярных нейронов, развиваются и совершенствуются связи между различными отделами зрительного анализатора. После двух месяцев жизни у ребенка удается регистрировать грубые ответы на контурные стереоскопические стимулы. На третьем-четвертом месяце продолжает развиваться способность к бификсации,

появляются фузионные резервы, и происходит дальнейшее совершенствование бинокулярных функций, продолжающееся в течение первого десятилетия жизни. Таким образом, возраст 3-6 месяцев жизни считается критическим для формирования бинокулярного зрения [60, 2, 112, 6, 220, 292, 188].

Развитие бинокулярного зрения тесно связано также с работой других анализаторов, особенно тактильного и проприоцептивного. Ощупывание близкорасположенных предметов позволяет ребенку сравнить свои зрительные ощущения с тактильными и проприоцептивными, а дальнейшее освоение пространства при ползании и затем ходьбе, способствует дальнейшему совершенствованию бинокулярных функций [54, 287, 323, 277, 218, 156]. Возникновение какого-либо нарушения работы зрительного анализатора, препятствующего нормальному развитию бинокулярных зрительных функций в первые годы жизни ребенка, приводит к патологии бинокулярного и стереозрения.

Наиболее выраженным клиническим проявлением нарушений бинокулярного зрения, возникающим чаще всего в возрасте от 2 до 4 лет, является косоглазие (гетеротропия) – вызванное различными причинами отклонение зрительной оси одного из глаз от общей точки фиксации, сопровождающееся нарушением зрительных функций [54]. Патологические изменения функционирования зрительной системы при косоглазии многообразны, что связано, вероятно, с разнообразием возможных периферических и центральных причин его возникновения [172, 329]. Предполагается, что патологически измененная проприоцептивная информация о положении глаз ведет к нарушению центральных глазодвигательных команд. При этом данные изменения могут быть как причиной, так и следствием косоглазия [159, 173].

Возможные причины возникновения содружественного косоглазия представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Причины возникновения косоглазия

Причины возникновения косоглазия		
Периферические	Анатомические аномалии	Мышечные аномалии в виде мышечных дистрофий и миопатий, а также анатомических аномалий мышечных сухожилий и/или их прикрепления к склере
		Аномалии структур орбиты
	Нарушения иннервации	Врожденные – служат причиной группы синдромов, проявляющихся косоглазием – congenital cranial dysinnervation disorders (CCDD)
		Приобретенные поражения нервов, иннервирующих глазодвигательные мышцы (параличи или парезы), могут возникать в результате травм, опухолей, инфекционных поражений и сосудистых нарушений
	Патологически измененная проприоцептивная информация о положении глаз	
	Патологические изменения в комплексной системе аккомодационно-конвергентной синкинезии	
Центральные	Аномалии развития перекреста волокон зрительного нерва	
	Аномальная ретинопия	
	Нарушения развития кортико-кортикальных связей	
	Нарушения активности нейронных структур зрительного анализатора	

Патологические изменения в комплексной системе аккомодационно-конвергентной синкинезии являются причиной моторно-сенсорных нарушений работы зрительного анализатора ведущих к возникновению аккомодационного и частично-аккомодационного косоглазия. Так, например, при отсутствии оптимальной коррекции гиперметропической рефракции избыточное напряжение аккомодации при желании сфокусировать близкорасположенный объект на сетчатках глаз автоматически создает условия для чрезмерной конвергенции зрительных осей и может привести к развитию сходящегося

косоглазия. В противоположном случае – при недокоррекции миопической рефракции нагрузка на аккомодацию при фиксации близких объектов снижена, что может вести к ослаблению конвергенции и развитию экзофории, а при её декомпенсации – к расходящемуся косоглазию. Встречаются и атипичные сочетания рефракции и вида косоглазия (сходящееся у пациентов с миопией и расходящееся у пациентов с гиперметропией), но значительно реже и обусловлены другими причинами, не зависящими от обычных аккомодационно-вергентных отношений [2, 51, 40, 54, 133, 331, 182].

Даже при наличии оптимальной коррекции аметропии нужно учитывать, что мышечное утомление при длительной зрительной работе на близком расстоянии может вести к снижению фузионных резервов и слабости конвергенции. Небольшой поворот головы при этом позволяет уменьшить нагрузку на нее, но при этом основная нагрузка «перекладывается» на фиксирующий глаз, а другой глаз играет только вспомогательную роль, помогая зрительному анализатору избежать двоения. В результате могут сформироваться привычный поворот головы и рассогласование работы аккомодационной и бинокулярной систем. Показано, что при всех видах содружественного косоглазия объем аккомодации косящего глаза обычно на 2,0D меньше, чем фиксирующего глаза [28, 51].

Одной из центральных причин является нарушение формирования зрительного перекреста на уровне хиазмы, происходящего под влиянием эфрина В1 и эфрина В2 на поверхности аксонов ганглиозных клеток. Это может сопровождаться патологическими изменениями соотношений перекрещенных и неперекрещенных волокон зрительного нерва. Ретинотопия в настоящее время считается врожденным свойством зрительной системы, связанным с тем фактом, что градиент концентрации эфрина В1 и эфрина В2 по координатам x и y в сетчатке соответствует градиенту концентрации этих веществ в первичной зрительной коре. Нарушения формирования ретинотопической структуры

может также являться причиной нарушения бинокулярных функций и косоглазия [289, 333].

Нарушения развития кортико-кортикальных связей в пределах одного полушария или между двумя полушариями, а также нарушения формирования дорсального или вентрального пути могут быть не только следствием, но и причиной косоглазия [197, 154].

Нарушения активности нейронных структур зрительного анализатора могут проявляться аномальной активностью клеток сетчатки, изменением баланса возбуждение/торможение в нейронных сетях зрительной коры, нарушением синхронизации активности нейронов, относящихся к разным отделам зрительного анализатора [310, 296, 259, 235, 306, 203].

Изменения активности нейронов окулomotorной системы на уровне вергенции и системы коркового контроля при косоглазии может сопровождаться аномальной активностью нейронов верхнего двухолмия, мозжечка и вестибулярной системы. Так, нарушения взаимодействия между нейронами верхнего двухолмия может приводить к возникновению диссоциированной вертикальной девиации, а нарушения интеграции вестибулярной системы и мозжечка – к развитию «skew deviation» [304, 321].

Причинами развития косоглазия могут быть нарушения работы анатомо-функциональных структур ствола мозга: ядер III, IV, VI пар ЧМН, верхнего двухолмия, ретикулярной формации моста (участвующей в организации горизонтальных саккад), интерстициального рострального ядра медиального продольного пучка (центра вертикальных движений глаз), мезенцефальной ретикулярной формации (участвующей в контроле вергенции). Кроме того нарушения, приводящие к косоглазию могут быть на уровне окулomotorных париетальной и фронтальной областей [316].

Многие авторы отмечают также роль наследственной предрасположенности в возникновении косоглазия. К наследственным формам косоглазия относят прежде всего группу CCDD, в которой влияние аномалий

генов, контролирующих развитие черепно-мозговых нервов наиболее изучено [198, 199]. В отношении содружественного косоглазия влияние специфического гена к настоящему времени не установлено, однако результаты эпидемиологических исследований показывают, что риск развития косоглазия у ребенка повышается с 2% до 15% в случае, если у одного из родителей есть косоглазие [191]. Таким образом, в случае содружественного косоглазия можно предполагать наличие генетических факторов, влияющих на развитие структур, обеспечивающих нормальное развитие бинокулярных функций [345, 301].

Согласно современным представлениям, центральные причины играют ведущую роль в развитии более часто встречающихся видов косоглазия [203]. Это создает проблему обоснованности и эффективности существующих на сегодняшний день методов лечения. Оптическая коррекция, плеоптика, хирургия косоглазия являются методами, действующими в основном на периферические компоненты бинокулярной зрительной системы, в то время как наиболее частые причины ее нарушений – центральные. Ортотропия, достигнутая хирургическим путем и/или подбором оптимальной оптической коррекции создает условия для развития бинокулярного зрения. В тоже время необходимо учитывать, что центральные нарушения могут быть причиной отсутствия положительной динамики лечения и рецидива косоглазия.

С многообразием причин возникновения косоглазия связана и другая проблема – классификация его клинических форм, так как проявления данного заболевания в каждом конкретном случае зависит от сочетания многих факторов: возможной причины, времени начала заболевания, характера и уровня поражения сенсорных и моторных механизмов и особенностей их взаимодействия. Можно, тем не менее, выделить основные моменты, общие для разных классификаций. Во всех существующих классификациях выделяют две большие группы косоглазия по наличию поражения нейромышечных структур глазодвигательного аппарата: содружественное и несодружественное [2, 86, 54,

13, 11, 217]. Классификация содружественного косоглазия представлена в таблице (табл. 2)

Таблица 2 – Классификация содружественного косоглазия (Аветисов Э.С., 1977)

Классификация содружественного косоглазия	
По направлению девиации	Горизонтальное (сходящееся и расходящееся)
	Горизонтальное с вертикальным компонентом
По постоянству косоглазия	Постоянное
	Непостоянное
По стабильности девиации	Стабильное
	Нестабильное
По величине девиации	До 5° (с очень малым углом), 6-10° (с малым углом), 11-20° (со средним углом), 21-35° (с большим углом), более 35° (с очень большим углом)
По наличию вынужденного положения головы	С поворотом головы
	С наклоном головы
	Вынужденное положение головы отсутствует
По виду рефракции	С соответствующей рефракцией
	С несоответствующей рефракцией
По влиянию оптической коррекции на девиацию	Аккомодационное (с симметричным положением глаз в очках)
	Частично-аккомодационное (неполное устранение девиации в очках)
	Неаккомодационное (отсутствие изменений девиации в очках и без очков)
По чередованию косящего глаза	Альтернирующее
	Монолатеральное (правостороннее или левостороннее)
По наличию амблиопии	С амблиопией
	Без амблиопии
По состоянию фузии и бинокулярной локализации направления	Бифовеальное слияние имеется
	Бифовеальное слияние отсутствует
	Общность фовеальных зрительных направлений имеется
	Общность фовеальных зрительных направлений отсутствует

Основными признаками несодружественного косоглазия являются – изменение величины девиации при изменении положения взора, диплопия, глазной тортиколис. Различают паралитическое (паретическое) и атипичное

несодружественное косоглазие. Паралитическое косоглазие обусловлено поражением на уровне ядер или стволов ЧМН или самих экстраокулярных мышц. Характерным клиническим проявлением, отличающим паралитическое косоглазие от содружественного, является ограничение или отсутствие подвижности косящего глаза в сторону действия парализованной мышцы [86, 42, 54, 13, 217]. К атипичному косоглазию относят особые формы: синдромы ДВД, Брауна, Дуэйна, Мёбиуса и врожденного фиброза экстраокулярных мышц [86, 11, 192, 217].

Выделяют также вторичное косоглазие, возникающее на фоне другой офтальмопатологии (например, при патологии сетчатки и/или зрительного нерва, а также скрытую форму косоглазия (гетерофорию) – отклонение глаза только в условиях, когда теряется общая точка фиксации (например, при ковертесте) [88, 42, 54, 13, 242, 203].

Несмотря на разнообразие клинических форм косоглазия основным общим зрительным нарушением при данной патологии является одновременное существование двух, отличающихся по своим характеристикам, зрительных образов. Это может проявляться в виде конфузии и патологической диплопии. Конфузия представляет собой одновременное восприятие двух «наложенных» друг на друга, но отличающихся образов. Связано это с тем, что при отклонении зрительной оси косящего глаза от общей точки фиксации не существует больше общей главной линии направления и, несмотря на то, что на корреспондирующие точки сетчаток (прежде всего на фовеа) фиксирующего и отклоненного глаза проецируются разные объекты, они имеют общую локализацию. Данное состояние может выявляться в условиях анаглифного разделения полей зрения, например, при проведении теста координетрии.

Патологическая диплопия возникает в результате одновременного восприятия проекций одного и того же объекта, попадающих на некорреспондирующие точки сетчатки. При этом один и тот же объект локализуется ЦНС в разные зоны пространства [174, 180, 42, 242, 203].

Возникающие при косоглазии сенсорно-моторные нарушения вызывают в функциональной системе зрительного анализатора приспособительные изменения. У детей зрительная система способна достаточно быстро адаптироваться к патологическим состояниям (конфузии и патологической диплопии) с помощью двух основных механизмов – торможения восприятия изображения от косящего глаза и аномальной корреспонденции сетчаток. Эти явления связывают с пластичностью зрительной системы у детей. Зрительная система взрослых пациентов обычно не способна игнорировать второе изображение, если косоглазие возникло у них не в детском возрасте [42, 242, 203].

Основной формой «защиты» зрительной системы при косоглазии от диплопии и конфузии можно считать более или менее глубокое торможение восприятия изображения от косящего глаза. Французский исследователь Р. Chaumont предложил выделять три степени глубины торможения – нейтрализацию, супрессию и эксклюзию [181]. По мнению автора, нейтрализация является наименее глубоким видом торможения. Она может быть непостоянной при незначительных нарушениях бинокулярного зрения и сходной по своим проявлениям с бинокулярной конкуренцией. Нейтрализация, существующая у пациентов с косоглазием в условиях свободного пространства, может исчезать в гаплоскопических условиях. Супрессия – более глубокая степень подавления зрительного восприятия. Она проявляется в виде функциональной скотомы подавления (ФСП) – «выпадения» участка пространства в поле зрения косящего глаза в бинокулярных условиях наблюдения (при двух открытых глазах). ФСП макулярная возникает, чтобы избежать конфузии, скотома Хармса (скотома в «нулевой точке», соответствующей проекции на сетчатку косящего глаза объекта, фиксируемого некосящим глазом) – как защита от диплопии. У маленьких детей эти скотомы могут «закрывать» всю «зону косоглазия» отклоненного глаза от макулы до

«нулевой точки». Эта зона может уменьшаться, но скотома макулярная и скотома Хармса остаются более или менее протяженными и глубокими.

Супрессия является активным процессом. Она возникает в поле зрения поочередно то одного, то другого глаза при альтернирующем косоглазии или в поле зрения только одного глаза при монолатеральном косоглазии. В последнем случае она является «отправной точкой» для развития еще более глубокого торможения - эксклюзии и дисбинокулярной амблиопии.

Схема распределения зон торможения в поле зрения косящего глаза, предложенная Р. Chaumont включает центральную зону самого глубокого торможения – эксклюзии, которую окружает зона супрессии, а еще более периферично расположена зона нейтрализации (рис. 1).

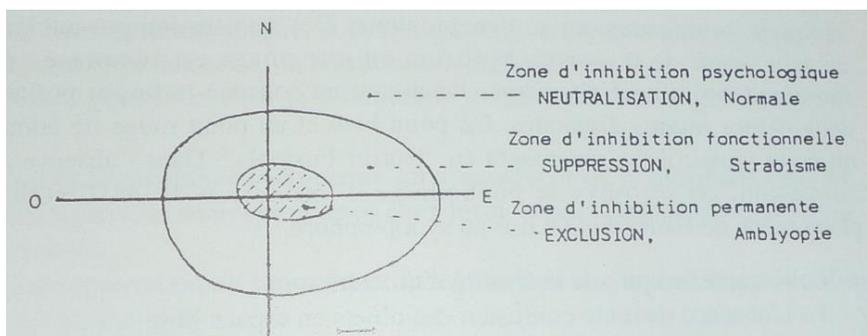


Рисунок 1 – (Chaumont P. L'inhibition a la relecture de Hamburger //J. Fr. Orthoptique. - 1995, № 27. - P. 27-36.)

Таким образом, у пациента с дисбинокулярной амблиопией существуют все три зоны, а например, у пациентов с альтернирующим непостоянным косоглазием всю область торможения может занимать только зона нейтрализации [196].

Интересные результаты были получены в исследовании ФСП у пациентов с косоглазием при использовании анаглифного (через красно-синие светофильтры) разделения полей зрения [196]. Красные и синие стимулы предъявляли поочередно на большом экране, занимавшем практически все бинокулярное поле зрения. Было показано, что как при сходящемся, так и при расходящемся косоглазии в области перекрытия полей зрения того и другого глаза зона доминирования фиксирующего глаза смещается в сторону косящего глаза. При этом между зонами доминирования того и другого глаза по всему

вертикальному меридиану выявлялась довольно широкая зона «смешанного доминирования», состоящая из «островков» видения красных и синих объектов. Форма и размеры таких «островков» были различны и при повторных измерениях менялись. Такая картина может объясняться, вероятно, наличием разных степеней торможения с преобладанием наиболее легкой и лабильной – нейтрализации (рис. 2).

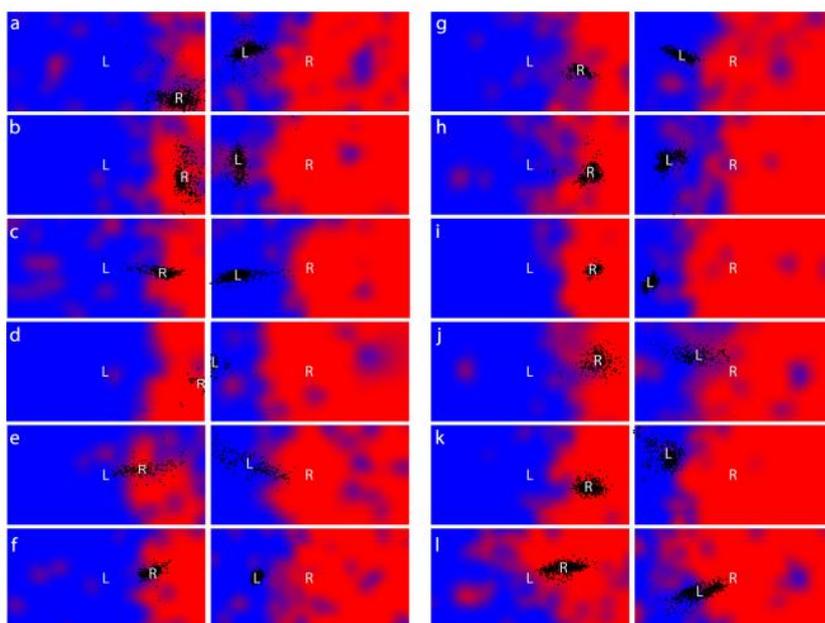


Рисунок 2 - (Economides, J.R. Perception via the deviated eye in strabismus / J.R. Economides, D.L. Adams, J.C. Horton // J. Neurosci. – 2012. – V. 32. – P. 10286 –10295.)

У некоторых пациентов при исследовании ФСП на синоптофоре, наблюдается огибание одного изображения другим при попытке их слияния [2]. Данное явление, вероятно, можно сопоставить с феноменом «фузионного отталкивания» или «боязни фузии» («horror fusionis») [180, 181].

Другим нарушением бинокулярного зрения при косоглазии является аномальная корреспонденция сетчаток (АКС) [2, 4, 87, 88, 55, 80, 62, 54, 313, 234]. Эта форма адаптации к косоглазию, проявляется в виде формирования «ложной макулы» в косящем глазу и новой связи между фовеа фиксирующего глаза и периферической зоной косящего глаза. Отмечают, что зона Панума у пациентов с АКС становится намного шире [279]. АКС выявляется намного реже, чем ФСП – не более чем у 5-7% от общего числа больных косоглазием [54]. Обычно это явление встречается при микротропии, когда участок сетчатки косящего глаза, расположенный близко к центральной ямке ($5-7^\circ$) не слишком

сильно отличается от нее по своим органическим и функциональным характеристикам, что обеспечивает возможность формирования новой функциональной связи. В дальнейшем, поскольку в косящем глазу с АКС меняется «система пространственных координат» за счет того, что периферический участок сетчатки принимает на себя вместо фовеа роль того участка, к которому идет линия главного направления, может сформироваться дисбинокулярная амблиопия с нецентральной фиксацией. Чаще это имеет место при небольших углах постоянного монолатерального сходящегося косоглазия [2, 4, 87, 88, 54, 55, 62, 203].

В отношении возможного механизма развития АКС, несоответствующей объективному углу косоглазия существует предположение, что она развивается на фоне косоглазия с малым углом, врожденного или возникающего на первом году жизни. Такое косоглазие существенно не нарушает развитие монокулярных опто-моторных рефлексов. Нередко оно своевременно не диагностируется и в дальнейшем препятствует нормальному развитию бифовеальной связи. В результате формируется аномальная корреспонденция, которая вначале соответствует углу косоглазия. Затем аномальная связь подчиняет своему влиянию нормальные монокулярные опто-моторные механизмы и формируется аномальная бинокулярная пространственная локализация. Косоглазие приводит к дисгенезу, вторичной дисфункции и усилению дисбаланса экстраокулярных мышц. Вследствие этих нарушений увеличивается угол косоглазия и «замыкается» новый цикл зрительно-моторных нарушений. При этом АКС уже не соответствует углу косоглазия. Возникающая диплопия стимулирует развитие механизма подавления аномальной связи. В состоянии торможения АКС не функционирует, однако может сохраняться как навык, как алгоритм кодирования пространственной зрительной информации, адаптированный к определенному направлению и величине косоглазия [87, 88].

В то же время существует мнение, что АКС возникает в результате неправильных орто-моторных сигналов при вергенции, что служит причиной развития косоглазия в этих случаях, т.е. аномальная корреспонденция может являться причиной косоглазия, а не способом адаптации к нему. Этим может объясняться в ряде случаев устойчивость АКС к проводимому лечению [148, 247].

Малоизученным вопросом является способность пациентов с АКС к стереовосприятию. В исследовании, проведенном R.Hansell (1991) был протестирован 51 пациент с оперированной эзотропией и наличием АКС. Было показано, что ни один из этих пациентов не был способен к стереовосприятию со случайно-точечным TNO-тестом, однако шесть из них были способны к более грубому стереопсису с Titmus-тестом. В другой группе, включающей 14 пациентов с неоперированной микротропией, возникшей в возрасте после 8-ми месяцев жизни, все пациенты были способны к стереопсису с Titmus-тестом и четверо – с TNO-тестом. В группе из 26 пациентов с углом девиации от 6 до 20 prD 18 человек были способны к стереопсису с Titmus-тестом и двое – с TNO-тестом [223].

Одним из редких и малоизученных зрительных нарушений при косоглазии, является парадоксальная монокулярная фузия, впервые описанная A. Bielsowsky (1898), обследовавшего пациента с односторонним анофтальмом, у которого оставшийся глаз раньше косил. При предъявлении тестового изображения с двумя близко расположенными паттернами (один паттерн желтого цвета, другой – синего), у пациента появлялось ощущение наложения одного паттерна на другой и борьбы желтого и синего цветов [163]. В 1994 году V.S.Ramachandran с соавторами провели подобное исследование у пациента с непостоянной экзотропией. В качестве зрительного стимула использовали два рядом расположенных паттерна – один в виде вертикальных линий и другой – в виде горизонтальных линий. При фиксации одним косящим глазом (второй закрыт) одного из рядом расположенных паттернов, пациент

воспринимал изображение в виде мозаичной «шахматной» доски с меняющимися (борющимися) участками горизонтальных и вертикальных полос. В результате таких наблюдений было сделано предположение, что у пациентов с монокулярной диплопией два монокулярных зрительных перцепта могут вести себя также как бинокулярные [293].

Несмотря на многочисленные и многолетние работы в области исследования основных способов адаптации зрительной системы к нарушенному бинокулярному зрению – ФСП и АКС, многие вопросы, связанные с этими явлениями, остаются далеки от разрешения. Это связано как с недостаточной изученностью механизмов их формирования, так и с нехваткой информативных методов клинического исследования данных явлений.

Нужно отметить, что нарушения бинокулярных зрительных функций наблюдаются не только при косоглазии, но и другой офтальмопатологии, связанной со снижением остроты зрения, вызванным функциональными или органическими причинами.

У пациентов с амблиопией снижение остроты зрения обусловлено функциональным торможением проведения и анализа зрительной информации при отсутствии органической патологии зрительного анализатора [132, 65, 229]. При этом многие авторы отмечают, что не только дисбинокулярная, но и любой другой вид амблиопии (рефракционная, анизометропическая, обскурационная, истерическая) представляет собой синдром, включающий наряду со сниженной остротой зрения комплекс зрительных и окуломоторных нарушений, выражающихся в снижении контрастной чувствительности, усилении краудинг-эффекта, ухудшении аккомодационной и фузионной способности [137, 114, 9, 31, 153, 244, 229].

Еще более выраженные нарушения работы зрительного анализатора, в том числе и нарушения бинокулярного зрения, наблюдаются у пациентов с органической патологией сетчатки и проводящих путей (например, таких заболеваний, как частичная атрофия зрительного нерва, ретинопатия

недоношенных, пигментная абитрофия сетчатки). В частности у детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва, развивающейся вследствие дистрофических изменений на уровне ганглиозных клеток сетчатки и их аксонов, наряду с основными клиническими проявлениями в виде побледнения диска зрительного нерва, значительного снижения остроты зрения, патологических изменений поля зрения, нередко наблюдаются глазодвигательные расстройства в виде нистагма и вторичного косоглазия, а также значительные нарушения бинокулярных функций [137, 66, 282, 328].

1.4 Методы диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения

1.4.1 Методы диагностики окуломоторных нарушений

Поскольку наиболее выраженным проявлением нарушений бинокулярного зрения является косоглазие, диагностика бинокулярных функций включает исследование состояния глазодвигательного аппарата.

Наиболее простым и широко используемым классическим методом определения величины девиации является *метод Гиришберга*, позволяющий ориентировочно оценить величину девиации по смещению рошовичного рефлекса косящего глаза по отношению к центру его зрачка [230]. Небольшое смещение роговичного рефлекса может наблюдаться и при наличии физиологического угла гамма (γ) – угла между зрительной и анатомической осями глаза. Дифференцировать угол косоглазия (тропию) и угол γ можно используя *cover-test* (при положительном или отрицательном угле γ установочные фиксационные движения отсутствуют).

При этом различают два варианта *cover-теста*. *Односторонний cover-тест* используется для исследования тропии. Прикрывают заслонкой один глаз на 1-2 секунды и наблюдают – совершает ли в этот момент установочное (фиксационное) движение открытый глаз. При отсутствии установочных движений тест выполняют, прикрывая таким же образом другой глаз. Отсутствие установочных движений того и другого глаза свидетельствует об отсутствии тропии. Если прикрывание одного глаза вызывает установочное

движение открытого глаза к носу – у пациента экзотропия, если к виску – эзотропия, вниз – гипертропия, вверх – гипотропия. При выполнении теста нужно помнить, что неправильная фиксация может быть причиной ошибочной оценки теста.

Альтернирующий (двусторонний) cover-тест подразумевает поочередное прикрывание того и другого глаза и таким образом проводится в условиях полной диссоциации полей зрения двух глаз. В момент открытия ранее прикрытого глаза (заслонку при этом быстро передвигают, закрывая другой глаз) оценивают величину его отклонения под заслонкой по смещению роговичного рефлекса. Тест позволяет оценить общую величину отклонения глаза, включающую одновременно тропию и форию [42, 54, 242, 203].

Более точно величину девиации можно определять, используя в диагностике призмы. Разные варианты исследований с призмами в настоящее время активно используется в зарубежной офтальмологической практике, так как позволяют провести достаточно точные измерения в условиях максимально близких к естественным [273, 335]. Призма отклоняет проходящий через нее луч света в сторону основания. Силу призмы выражают в призмных диоптриях (prD). Призма силой в 1,0 prD отклоняет луч света на 1 см на расстоянии 1 м (примерно на $0,5^\circ$). Если при наличии нормальной бификсации у пациента установить перед одним глазом призму, проекция фиксируемого изображения на сетчатке сместится от фовеа в сторону основания призмы. При этом у пациента возникнет ощущение «скачка» изображения в сторону вершины призмы (соответственно его смещению в поле зрения). Такой скачок изображения вызывает установочное (фиксационное) движение глаза в сторону вершины призмы, чтобы снова вернуть проекцию изображения на фовеа и устранить возникшее двоение. В случае, когда призма компенсирует (нейтрализует) угол отклонения косящего глаза она переводит проекцию объекта с периферического участка на фовеа. Для нейтрализации эзотропии призму соответствующей силы устанавливают основанием к виску, для

компенсации экзотропии – основанием к носу, при гипотропии – основанием вверх, при гипертропии – основанием вниз [42, 203].

Модификацией метода Гиршберга с использованием призм для более точной оценки величины девиации является «*тест Крымского*». При его проведении призму располагают перед фиксирующим глазом или отклоненным глазом (в этом случае данный тест могут называть «тестом призменного отражения») для нейтрализации девиации. Силу призмы увеличивают или уменьшают до тех пор, пока роговичные рефлексy не станут симметричными [251, 42].

По такому же принципу используют призмы для уточнения величины девиации при проведении одностороннего и двустороннего (альтернирующего) cover-тестов. При проведении одностороннего cover-теста с призмой помещают призму (сила которой приблизительно соответствует величине девиации) перед исследуемым глазом в тот момент, когда заслонкой прикрывают другой глаз. Если сила призмы достаточна для нейтрализации девиации, установочное движение исследуемого глаза отсутствует. Если установочное движение еще есть – выбирают другую силу призмы и повторяют исследование до полного исчезновения установочных движений, определяя таким образом величину тропии. Важным преимуществом метода является возможность сохранить периферическую фузию и достаточно точно оценить величину тропии в условиях максимально приближенных к естественным.

При проведении альтернирующего (двустороннего) cover-теста с призмами подбирают такую силу призмы, которая позволяет нейтрализовать девиацию при поочередном (альтернирующем) перекрытии того и другого глаза. Данный тест дает возможность количественно оценить общую величину отклонения глаза, включающую одновременно тропию и форию [42, 273, 335, 324, 242].

Таким образом, становится очевидно, что описываемые варианты cover-теста не заменяют друг друга, а дают возможность оценить разные компоненты девиации и должны использоваться комплексно.

Классическим способом определение величины девиации является *измерение объективного угла косоглазия (ОУ) на синоптофоре* в условиях механического разделения полей зрения. Для определения ОУ головки (тубусы) прибора изначально устанавливаются в нулевом положении шкалы прибора (настроенной в соответствии с межзрачковым расстоянием пациента), а затем, попеременно выключая подсветку тест-объекта то в одном, то в другом тубусе, находят такое их положение, при котором установочные движения глаз отсутствуют [45, 2, 54]. Несмотря на то, что измерение ОУ на синоптофоре используется очень давно, возникают вопросы, касающиеся интерпретации результатов данного исследования. Нужно учитывать, что при поочередном выключении подсветки тест-объектов для правого и для левого глаза создаются условия не только для возникновения дополнительной аппаратной конвергенции (вследствие того, что объекты воспринимаются на близком расстоянии) но и для увеличения девиации, когда к имеющейся тропии добавляется еще и фория за счет полного разделения полей зрения, аналогично альтернирующему (двустороннему) cover-тесту.

В последние годы, благодаря сотрудничеству российских офтальмологов под руководством И.Э. Азнауряна с испанскими коллегами был разработан метод исследования глазодвигательных функций *Gazelab* [11]. Он позволяет проводить исследование в естественных условиях и оценивать величину девиации во всех направлениях взора даже у пациентов с нистагмом и циклодевиацией.

Учитывая роль аккомодационно-конвергентной синкинезии в развитии содружественного косоглазия большое диагностическое значение имеют методы исследования аккомодации и конвергенции у детей с бинокулярными нарушениями.

1.4.2 Методы диагностики аккомодационного компонента бинокулярного зрения

Рефлекторную аккомодацию оценивают по объему абсолютной аккомодации (ОАА) отдельно для каждого глаза. Одним из способов измерения ОАА является исследование аккомодации в монокулярных условиях с использованием подвижного стимула. Такой же принцип измерения с подвижным объектом используется в аккомодометре «АКА-01». В условиях свободного пространства можно для измерения ОАА использовать в качестве тест-объекта опто типы, соответствующие остроте зрения 0,7 в таблице для определения остроты зрения и корригирующие линзы (положительные и отрицательные) возрастающей силы. Силу стекла увеличивают до того момента, когда четкость тест-объекта, предъявляемого пациенту, начинает теряться. Объем абсолютной аккомодации складывается при этом из величины максимальной положительной и максимальной отрицательной линзы [57, 58, 44].

Объективная аккомодография, выполняемая монокулярно при помощи прибора «АА-2000», позволяет оценить аккомодационный ответ в двух режимах: 1) быстрый аккомодационный ответ регистрируется при мгновенном перемещении тестового изображения из бесконечности к глазу, на расстояние, соответствующее напряжению аккомодации в 3,0D; 2) аккомодационный ответ на перемещение изображения через 5 сек обратно в бесконечность [121].

Компьютерная аккомодография с использованием прибора «Righton Speedy– K» является высокоинформативным методом оценки аккомодационной способности в монокулярных условиях. Преимуществом метода является возможность объективно исследовать напряжение аккомодации при оптической нагрузке отрицательными линзами и оценивать микрофлюктуации аккомодации [38, 124, 63, 338].

Вергентную аккомодацию исследуют с помощью неподвижного стимула и оценивают по объему относительной аккомодации (ООА), которую

определяют при наличии бификсации, в условиях полной коррекции аметропии, добавляя положительные и отрицательные линзы возрастающей силы до потери четкости восприятия пациентом тест-объекта. По такому же принципу можно измерять ООА с использованием фороптера или прибора ПОЗБ [44, 54].

Взаимоотношения между аккомодацией и конвергенцией отражает коэффициент АК/А (отношение аккомодативной конвергенции к аккомодации). Существуют разные способы его определения, наиболее известные из которых метод гетерофории (расчетный метод) и метод градиента [44, 42, 54].

Объективно (при помощи регистрации ЗВП) оценить состояние как абсолютной, так и относительной аккомодации является использование бинокулярного оптометрического комплекса БОК-1 [9]. Прибор также позволяет объективно оценивать остроту зрения в разных меридианах и проводить направленную стимуляцию сетчатки у пациентов с меридиональной амблиопией.

Динамическая рефракция складывается из клинической рефракции глаза и затраченного при фиксации объекта напряжения аккомодации. Субъективным способом определения динамической рефракции является лазеррефрактометрия с использованием лазерных спеклов [138, 139, 170].

Объективно исследовать динамическую рефракцию позволяет рефрактометр открытого поля (Grand Seiko WR-5100K, WR-5500). Наряду с определением объективного аккомодационного ответа, прибор позволяет оценить тонус аккомодации (разницу между рефракцией, полученной в естественных условиях и в условиях циклоплегии), тонус покоя аккомодации (измерение рефракции в условиях полной темноты), а также тонус прямой и содружественной аккомодации [89, 124, 121, 122]. Прибор, таким образом, имеет большие возможности в отношении объективного исследования аккомодации в бинокулярных условиях наблюдения у пациентов с нормальным состоянием бинокулярных функций. При этом нужно учитывать, что у

пациентов с косоглазием нарушения бификсации приводят к завышенным показателям аккомодации, которые в таких случаях соответствуют не бинокулярным, а монокулярным условиям наблюдения. В связи с этим актуальной задачей остается поиск способов контроля бификсации при исследовании аккомодационной способности.

1.4.3 Методы диагностики корреспонденции сетчаток

В клинической практике в качестве простого скринингового метода определения наличия бифовеального слияния используют несколько вариантов тестов с призмами: тест с призмой 4,0 prD («*тест Jampolsky*»), тест с призмой 8,0 D («*тест Paliaga*»), «*тест с бипризмой Gracis*» [237, 278, 220]. Принцип тестирования состоит в оценке фузионных движений, присутствующих у пациентов с бинокулярным зрением и отсутствующих при ФСП.

У пациентов с бифовеальным слиянием можно определять величину фузионных резервов при помощи призм возрастающей силы, используя для этого призмные линейки или отечественный призмный офтальмокомпенсатор («ОКП-1», «ОКП-2») [54]. В отличие от синоптофора, позволяющего имитировать бесконечное расстояние при дивергенции, призмы позволяют более адекватно задействовать аккомодацию для дали и для близи.

Более полное представление о состоянии корреспонденции сетчаток дают тесты с использованием различных принципов разделения полей зрения того и другого глаза. В зависимости от условий разделения полей зрения диагностические тесты подразделяют на более диссоциирующие и менее диссоциирующие (приближенные к естественным условиям наблюдения).

Исследование корреспонденции сетчаток в условиях полного механического разделения полей зрения проводят на *синоптофоре*. Этот широко известный прибор позволяет не только измерить объективный угол косоглазия (ОУ), но и определить, при каком положении тубусов у пациентов возникает слияние изображений для правого и для левого глаза или происходит исчезновение одного из изображений – ФСП. Положение тубусов, при котором

регистрируется слияние или ФСП, отмечают, как субъективный угол косоглазия (СУ). Если ОУ и СУ совпадают – корреспонденцию сетчаток считают нормальной (НКС), если нет – аномальной (АКС) [45, 46, 2, 88, 54, 242, 203]. В некоторых классификациях при этом выделяют АКС гармоничного и негармоничного типа, считая, что если при наличии девиации СУ равен нулевому положению шкалы прибора (положению, соответствующему ортотропии) – это АКС гармоничного типа (например, ОУ=(+)15°, а СУ= 0°) и называют АКС негармоничной если СУ соответствует некоторой зоне между объективным углом косоглазия и нулевым значением шкалы (например, ОУ=(+)15°, а СУ=(+)7°) [242, 203]. Между тем, понятие АКС негармоничного типа активно критикуется в последнее время и рассматривается как приборный артефакт [54]. Поэтому есть основания предполагать, что используемая в клинической практике техника определения ОУ на синоптофоре и интерпретация результатов исследования корреспонденции сетчаток, получаемых в данных условиях, требует уточнений. Кроме исследования корреспонденции сетчаток синоптофор позволяет измерять величину фузионных резервов у пациентов с наличием бифовеального слияния [45, 46, 2, 88, 54].

Менее диссоциирующим способом исследования корреспонденции сетчаток являются тесты, основанные на анаглифном (цветовом) разделении полей зрения. Наиболее известным из них является классический четырехточечный цветотест («*Worth-test*», «*тест Белостоцкого-Фридмана*») для определения характера зрения [18, 19, 20, 341]. Разновидностью этого теста является *метод визобинометрии*, позволяющий определять характер зрения с учетом остроты зрения. Данный метод обладает дополнительной возможностью использовать цветные элементы различных диаметров, соответствующих определенной остроте зрения от 0,08 до 1,0 [135]. Применяют также «*тест Шобера*», состоящий из двойного зеленого круга (для одного глаза) и красного креста (для другого глаза) [203].

Более сложный вариант анаглифных методов представляет собой *коордиметрия* и ее варианты («*Hess screen test*» «*Lancaster red-green test*»), позволяющая одновременно оценивать состояние сенсорного и моторного компонентов бинокулярного зрения. [2, 298, 42, 242, 203]. В настоящее время разработаны и компьютерные модификации коордиметрии [322, 155, 334].

Разновидностью коордиметрии является «*тест Хармса*» («*Harms-test*») в котором используют для диссоциации полей зрения красное стекло высокой плотности перед одним глазом пациента. Тест позволяет определить величину горизонтальной, вертикальной и торзионной девиации, а также наличие фузии или диплопии при разном направлении взгляда и положении головы пациента [298, 242]. Красное стекло перед одним глазом и полосатое (ребристое) стекло перед другим глазом для диссоциации полей зрения пациента при предъявлении ему точечного источника света используют и в более простом «*тесте Мэддокса*» [315]. Линейки с красными и нейтральными фильтрами возрастающей плотности применяют для исследования устойчивости ФСП [285].

Наименее диссоциирующими способами исследования бинокулярного зрения являются «*тест Баголини*» и *тесты с поляроидными стеклами*. Для проведения теста Баголини используют точечный источник света, на который пациент смотрит через очки с растровыми стеклами (имеющими тонкие насечки под углом 135° для одного глаза и 45° для другого). Такие стекла создают при успешной фузии эффект лучей, идущих перпендикулярно друг другу через светящийся тест-объект [14, 157].

В поляроидных тестах используют изображения, проецируемые на специальный экран с помощью проектора знаков, а пациент смотрит на них через поляроидные очки [42].

Для количественной оценки прочности фузии используют прибор, основанный на создании искусственной *дозированной анизэйконии*.

Количественным критерием устойчивости фузии при этом является разница (выраженная в процентах) величины двух монокулярных изображений [2].

Макуло-макулярный «*тест Кюнперса*» позволяет исследовать состояние корреспонденции сетчаток при фиксации пациентом точечного источника света в центре креста Мэддокса одним глазом, в то время как врач проецирует изображение звезды при помощи электрического офтальмоскопа на фовеа другого глаза. Пациент должен заметить положение звезды по отношению к источнику света [187, 203].

Многообразие существующих методов исследования бинокулярного зрения указывает как на сложности самой диагностики, так и существующую проблему сопоставления и интерпретации результатов, полученных разными способами. В немногочисленных исследованиях, посвященных сравнительному анализу результатов оценки бинокулярного зрения у пациентов с косоглазием при помощи разных классических методов исследования, было показано, что бифовеальное слияние в условиях гаплоскопии может сопровождаться феноменом монокулярного или одновременного зрения в условиях анаглифного разделения полей зрения [46, 29, 97, 37, 135]. В некоторых работах авторы приводят данные о наличии правильного стереовосприятия со случайно-точечными стереограммами, предъявляемыми пациентам с косоглазием на синоптофоре под ОУ, отмечая при этом, что только одна треть из этих пациентов имела бинокулярный характер зрения по четырехточечному цветотесту [97].

Полагают, что разные условия наблюдения могут сопровождаться зрительными эффектами, характеризующими различные компоненты бинокулярного зрения. В то же время, обращает на себя внимание тот факт, что в данных исследованиях не учитывали наличие или отсутствие компенсации угла косоглазия при переходе от исследования на синоптофоре (позволяющем точно проецировать изображения на центральную зону сетчатки того и другого глаза) к исследованию при помощи четырехточечного цветотеста (в этом

случае при отсутствии призмной компенсации угла косоглазия изображение проецируется на центральную зону сетчатки одного глаза и периферическую зону сетчатки другого глаза).

1.4.4 Методы исследования стереозрения

Существующие в настоящее время способы исследования стереозрения можно условно разделить на методы с использованием реальных объектов в естественных условиях наблюдения и методы с использованием стереограмм в дихоптических условиях [30, 62, 312, 240, 209, 167, 146, 150, 325] (табл. 3).

Таблица 3 – Методы исследования стереозрения

Способ сепарации	Названия методов / тестов / приборов
Естественные условия наблюдения	
Не требуется	Прибор Говарда-Долмана и его варианты («Frisby Davis distance stereotest (FD2)», «Verhoeff Stereopter», «Hering's dropping test»), тест двух карандашей Ланга, «Frisby-test»
Дихоптические условия наблюдения	
Механический	Синоптофор (позволяет использовать специальные стереоскопические тестовые изображения в тубусах прибора)
Анаглифный	«ТНО-test» для близкого расстояния наблюдения и его варианты («Кошка Вайса», «Distance Randot test») для дальнего расстояния, комплексы диагностических и тренировочных компьютерных программ «СКАБ» и «Зоркая лисичка», компьютерная программа «Стереопсис»
Поляризационный	«Titmus-test», «Stereo Butterfly Test», «Randot Stereo Smile Test», «Randot -«Е»-test» («R.D.E.-test»), компьютерная программа, «Стереопорог», программа «Фузия» (в обеих программах предусмотрен и анаглифный и поляризационный принцип сепарации изображений)
Временной	Аппаратно-программном комплексе «КАПБИС-1»
Растровый	«Стереотест Ланга», «Бино-тест»

Условия наблюдения при анаглифном разделении полей зрения являются более близкими к естественным, чем механические. Их преимуществом также

является относительная простота и возможность использования компьютерных технологий [30, 312, 286, 203].

Для поляризационного разделения полей зрения используют поляризованный свет в левом и правом изображениях и очки с соответствующими поляризационными светофильтрами. В наиболее известном из этой группы «*Titmus-test*» (он же «*Fly-test*») используют поляроидные очки для создания стереоэффекта при наблюдении изображений, обладающих разной диспаратностью [186]. *Stereo Butterfly Test* отличается от *Titmus-тест* тем, что вместо мухи используется закодированная случайно-точечной стереограммой фигура бабочки [152]. Оба теста предусматривают использование монокулярно узнаваемых фигур. К стереотестам, в которых используют случайно-точечные стереограммы относятся «*Randot Stereo Smile Test*» и «*Randot -«E»-test*» («*R.D.E.- test*»), разработанные для детей младше 5 лет [312, 30].

Современные компьютеризированные методы исследования стереозрения разработаны на основе анаглифного или поляризационного принципа разделения полей зрения. Анаглифное разделение полей зрения используется в программе «*Стереонсис*», созданной для оценки остроты стереозрения [17]. В другой программе – «*Стереопороз*», разработанной в ИППИ РАН им. А.А.Харкевича для определения пороговых значений остроты стереозрения предусмотрен и анаглифный и поляризационный принцип сепарации изображений, а также возможность использовать субпиксельные диспаратности [31]. Поляризационный метод с использованием 3D монитора используется также в программе «*Фузия*» наряду с анаглифной сепарацией для исследования фузионной способности при наличии стереозрения. Тестовыми изображениями в данной программе являются случайно-точечные стереограммы с плавно меняющейся диспаратностью [104].

Растровые способы разделения полей зрения реализуются за счет механических или оптических растров, «направляющих» узкие вертикальные

фрагменты левого и правого изображения тому и другому глазу. Главное преимущество данных методов состоит в том, что он не требует специальных очков [30]. Наиболее известным классическим растровым методом исследования стереозрения является широко известный в офтальмологии «*стереотест Ланга*» (*Lang-test*), который можно использовать даже у детей в возрасте 12-15 месяцев. Он представляет собой случайно-точечные стереограммы, рельеф которых можно воспринимать без очков благодаря покрытию, состоящему из множества вертикальных призм [253]. Модификацией теста Ланга является разработанный в ИППИ РАН им. А.А.Харкевича «*Бино-тест*», состоящий из 12 или 16 тестовых стимулов (в зависимости от варианта теста), с диспаратностью изображений в диапазоне от 2' до 28' [31].

Метод фазовой гаплоскопии (временной, эклипсный, обтурационный) предусматривает использование быстрых попеременных прикрываний то одного, то другого глаза [103, 222]. Такой принцип применяется, например, в *аппаратно-программном комплексе «КАПБИС-1»*, состоящем из жидкокристаллических очков (ЖКО), генератора импульсов и компьютерной программы [33, 54].

Результаты количественной оценки остроты стереозрения в норме по данным разных авторов существенно различаются. Это может быть связано с использованием разных методов исследования и зависимостью стереопорогов от параметров тестовых стимулов (их размеров, конфигурации); времени наблюдения (при длительности экспозиции меньше 100 мс, при пороги обычно повышаются); расстояния наблюдения, возраста испытуемых [30, 154, 255, 257, 184, 286, 146].

В связи с вышеизложенным вполне очевидно, что в условиях широкого применения в повседневной жизни и профессиональной деятельности 3Д-технологий для подачи зрительной информации чрезвычайно актуальна проблема точной топической и функциональной диагностики бинокулярного и

стереозрения, с оценкой характера и причин его нарушений и подходами к персонализированному лечению. Возникает задача оптимизации технологий исследования бинокулярных зрительных функций в разных условиях наблюдения.

1.4.5 Оценка выраженности зрительных иллюзий

Под термином «зрительные иллюзии» понимают систематические ошибки в оценке зрительной системой человека различных свойств рассматриваемых объектов – размера, формы, цвета, положения и перемещения в пространстве [32, 102, 77, 78, 70, 142, 69, 268, 269, 271].

В настоящее время важность изучения проявлений зрительных иллюзий в норме и при офтальмопатологии обусловлена все более активным внедрением в повседневную жизнь современных стереотехнологий, одной из которых является система виртуальной реальности. Многие авторы подчеркивают роль стереозрения в существовании зрительных иллюзий [70]. Отмечается, что для возникновения и степени выраженности многих зрительных иллюзий большую роль играет взаимоотношение бинокулярных и монокулярных механизмов пространственного зрения. При этом, несмотря на многолетние исследования и огромное число работ, посвященных зрительным иллюзиям, причины и механизмы их возникновения до сих пор являются предметом научных дискуссий. Тем не менее, [102, 70, 93, 94, 206, 189, 302].

В отличие от бинокулярного механизма, при котором имеется одновременное смещение проекций изображения на сетчатках правого и левого глаза, работа монокулярного механизма пространственного зрения основана на анализе последовательного относительного смещения точек проекций наблюдаемых объектов на сетчатке одного глаза. При этом важную роль играет зрительная инерция, обуславливающая последовательную суммацию зрительных сигналов [73, 109, 110, 205, 249, 30, 164]. Существуют также и «вторичные» признаки глубины: перекрытие одного объекта другим, распределение светотени, геометрическая перспектива, градиенты текстуры,

воздушная перспектива, относительная разница в четкости разноудаленных объектов, оценка угловых размеров знакомых объектов, расположение объектов по отношению к линии горизонта, степень напряжения аккомодации при фиксации объекта [30, 327]. Эти признаки имеют вспомогательное значение и могут проявлять себя как в монокулярных, так и бинокулярных условиях наблюдения.

В естественных условиях наблюдения при нормальном состоянии зрительных функций все механизмы оценки глубины работают содружественно. В искусственных условиях наблюдения и/или при офтальмопатологии они могут быть противопоставлены друг другу, и тогда их векторные отношения являются показателем доминирования либо монокулярной, либо бинокулярной систем пространственного зрения [73, 110, 100]. Особенно ярко это демонстрирует сравнение результатов исследования *стереокинетического эффекта* (СЭ) у детей школьного возраста в норме и при офтальмопатологии [100, 25]. В связи с этим представляется перспективным использование СЭ в качестве дополнительного критерия оценки эффективности лечения пациентов с бинокулярными нарушениями.

Исследуя механизмы бинокулярного зрения, некоторые авторы отмечают, что существует определенная феноменологическая аналогия между такими явлениями как соперничество полей зрения и наблюдением *неоднозначных фигур*, наиболее известной из которых является куб Неккера [231, 308, 233]. Исследования иллюзорного вращения неоднозначных фигур у детей и взрослых с нормальным состоянием зрительных функций показали, что у взрослых первое впечатление является более устойчивым, чем у детей и у подростков [204].

Существование широко известных *геометрических иллюзий Мюллера-Лайера* и *Поггендорффа* многие авторы объясняют тенденцией перцептивных систем обрабатывать двумерные фигуры как трехмерную сцену (depth-processing theory) [32, 215, 317, 189]. В отношении иллюзии Мюллера-Лайера в

последние годы предложен метод определения диапазона существования этой иллюзии. Результаты, полученные в группах офтальмологически здоровых детей и взрослых, демонстрировали снижение выраженности иллюзии Мюллера-Лайера с возрастом [102, 77, 78]. Сообщений о подобных исследованиях у детей с различной офтальмопатологией при анализе литературных источников мы не обнаружили.

Проявления иллюзии *мерцающей решетки* исследователи связывают с организацией рецептивных полей сетчатки, особенностями работы ориентационно-избирательных нейронов зрительной коры, а также участием глазодвигательного аппарата [94, 160, 270, 254, 302, 342, 258, 303, 295, 290, 344, 162]. Изучение данной иллюзии открывает большие перспективы для разработки методов дополнительной оценки состояния зрительного анализатора при органической и функциональной патологии. Между тем, до настоящего времени не были предложены методы количественной оценки иллюзии мерцающей решетки для исследования ее выраженности в норме и при офтальмопатологии.

1.5 Способы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения

Восстановление полноценного бинокулярного зрения является конечной целью лечения содружественного косоглазия. Система комплексного лечения содружественного косоглазия как в отечественной, так и в зарубежной практике включает: оптическую коррекцию аметропии; плеоптическое лечение; хирургическую коррекцию девиации; ортоптическое и диплоптическое лечение, направленное на восстановление и развитие бинокулярных зрительных функций, развитие аккомодационной способности и стереоптические упражнения [2, 103, 54].

Оптическая коррекция аметропии (очковая или контактная) необходима как первый этап лечения при любых формах косоглазия. Она способствует устранению амблиопии и нормализации соотношений аккомодации и

вергенции, что создает условия для уменьшения или даже в некоторых случаях устранения угла косоглазия и развития бинокулярных зрительных функций [2, 103, 54].

Плеоптическое лечение подразумевает комплекс методов, направленных на лечение амблиопии, являющейся одним из главных препятствий для восстановления бинокулярного зрения [1, 71, 144, 16, 229, 257, 212].

Традиционным, наиболее распространенным и простым способом плеоптического лечения является **прямая окклюзия** здорового глаза. При этом полное выключение лучшевидящего глаза из работы зрительного анализатора, при длительном применении может приводить к снижению его остроты зрения, нарушать работу бинокулярного механизма, вызывать у ребенка зрительный и психологический дискомфорт и затруднения в процессе школьного обучения (при низкой остроте зрения хужевидящего глаза). Частично эти проблемы решает использование полупрозрачного окклюдера и дихоптических тренировок [2, 114, 54, 260, 229, 256, 274].

Одним из способов реализации принципа полупрозрачной окклюзии был применен при разработке **программы «ПОИСК»** в ИППИ РАН им. А.А.Харкевича, предусматривающая возможность регулировать степень участия того и другого глаза в процессе выполнения зрительных упражнений за счет использования поляроидных очков и 3D монитора [106].

Метод пенализации заключается в создании у пациента искусственной анизометропии путем временного назначения специальных пенализационных очков, в которых один глаз используется для дали, а второй – для близи. [2, 274]. При этом нужно учитывать, что искусственная анизометропия может быть причиной астенопических явлений.

Вместе с окклюзией или как самостоятельный метод лечения используются разные варианты **световой стимуляции** в виде локальных засветов и лазерных спеклов [52, 68].

Согласно теории существования нескольких параллельных, относительно независимых каналов передачи и обработки зрительной информации (яркости, формы, цвета, контраста и пространственной частоты) были разработаны методы лечения амблиопии, обеспечивающие динамическую смену цвета, контраста, яркости деталей стимула [23, 41, 274, 229, 256].

В комплексном лечении амблиопии используется также физиотерапия - **магнитотерапия, электростимуляция**. Комплексное использование магнитотерапии и цветодинамической стимуляции реализовано в таких приборах как «АМО-АТОС» с приставкой «ОГОЛОВЬЕ» и приставкой «АМБЛИО-1», а также его упрощенный вариант - «АМБЛИО-2» [39, 53, 84].

Методы тренировки аккомодации основаны на чередовании искусственного расслабления и напряжения цилиарной мышцы. Такие упражнения можно осуществлять с помощью таких приборов как «Ручеек», «Визотроник», «Окисис», «Каскад» [44, 122, 54].

Сообщений о **применении призм в лечении косоглазия** в литературе встречается относительно немного [50, 13, 287, 284]. Например, в недавней работе, посвященной использованию призм Френеля в комплексном лечении содружественного косоглазия, демонстрируется положительная динамика в результате применения призмной компенсации угла косоглазия в период проведения функциональной коррекции зрительных функций. [61]. Данные исследования демонстрируют перспективность использования призм не только в диагностике косоглазия и компенсации диплопии при его паралитических формах, но также и в функциональной коррекции нарушений бинокулярного зрения. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования в этом направлении для более детального анализа сенсорно-моторных взаимоотношений двух глаз в условиях призмной компенсации угла косоглазия и поиска наиболее эффективных способов ее применения.

Классической основой для создания различных способов устранения ФСП и развития совместной работы глаз является **ортоптика**,

основоположником которой считается Е. Javal, впервые использовавший усовершенствованную им модель стереоскопа в лечении косоглазия [238, 239]. Задачами ортоптики являются: восстановление связей, соответствующих симметричному положению глаз, вместо функциональных состояний, временно приспособляющих зрительный анализатор к несимметричному положению глаз; замена комплекса одних условных рефлексов комплексом других; перевоспитание зрительных «привычек» [113, 118, 131, 81, 243, 214, 299].

В настоящее время в клинической практике в качестве основного ортоптического прибора используют *синоптофор*, позволяющий проецировать изображения под углом косоглазия любой величины, что является незаменимым достоинством прибора в предоперационном периоде лечения косоглазия с большой величиной девиации [46, 87, 88].

Полное разделение полей зрения облегчает деятельность бинокулярной зрительной системы, не требуя бификсации объекта, что является преимуществом на начальном этапе лечения, но недостатком на следующих этапах, создавая условия далекие от естественных. Кроме того, недостатками синоптофора являются недостаточный диапазон частоты альтернирующего предъявления изображений (от 2 Гц до 8 Гц), ограниченный выбор режимов предъявления стимулов и невозможность проводить упражнения в игровой форме, что может быть утомительным для детей [3, 47].

Другим известным способом ортоптического лечения является метод *последовательных образов* [46]. В настоящее время принцип данного метода реализован в аппарате «МИРАЖ». Лечение на этом приборе используется при наличии функциональной скотомы, одновременного и монокулярного зрения, сенсорной диплопии. [54].

Упражнения по усилению разобщения между аккомодацией и конвергенцией (способ «диссоциации») можно проводить у пациентов с наличием бифовеального слияния на аппарате «ФОРБИС», используя в качестве тест-объекта четырехточечный цветотест [52].

Недостатки ортоптических приборов, главным из которых являются далекие от естественных условия наблюдения, послужили основанием для разработки принципиально новой системы лечения – *диплоптики* [3, 4].

Основной принцип диплоптики – вызвать у больного с содружественным косоглазием в естественных условиях феномен двоения, выработать способность преодолевать его с помощью оптомоторного фузионного рефлекса и тем самым восстановить механизм бификсации [1, 3, 120, 145, 36, 111]. В настоящее время диплоптика включает в себя серию способов с различными принципами возбуждения диплопии и устранения феномена торможения.

Одним из них является *способ восстановления рефлекса бификсации* путем раздражения различных участков сетчаток и развития способности к слиянию двойных изображений. Это достигается ритмичным предъявлением призм различной силы перед одним глазом пациента при фиксации тест-объекта. [2, 3, 4, 46, 47]. Возможности метода ограничены для применения у пациентов со стойкой функциональной скотомой.

Другой способ диплоптического лечения (*с помощью цветных светофильтров* возрастающей плотности и различной длины волны) обеспечивает дозированное и индивидуальное воздействие на фузионный аппарат у лиц с различной степенью нарушения бинокулярного зрения [5, 8, 21]. К методам диплоптического лечения относится также *способ искусственной анизейконики*. Как и предыдущий метод, его обычно используют для развития устойчивости фузии на заключительном этапе лечения при наличии у пациента нормальной корреспонденции сетчаток [2, 47].

Исследования физиологов в области бинокулярного зрения послужили основой для создания оригинального прибора - *бинариметра*, используемого для диагностики и функциональной коррекции бинокулярных нарушений. Методика восстановления бинокулярного зрения, основанная на принципе диплоптики с применением бинариметра, получила название – бинариметрия. Диагностические исследования, проводимые на бинариметре, позволяют

оценить фузионные резервы и степень нарушения бинокулярного зрения. Выполнение комплекса тренировочных упражнений на бинариметре способствует восстановлению саморегулирующегося механизма бификсации, восстановлению фузионной способности, развитию фузионных резервов, уменьшению или устранению остаточной девиации, восстановлению и закреплению адекватного зрительного образа. Это достигается за счет восстановления нормальной функциональной связи между сенсорным, моторным и проприоцептивным компонентами зрительной системы [72, 73, 119, 48, 90, 110, 144, 91, 107, 108].

Активно занимаясь использованием и совершенствованием метода бинариметрии в лечении косоглазия и других зрительных нарушений, И.Э. Рабичев (1998) выделяет 4 последовательных этапа направленной коррекции зрительных функций на бинариметре: 1) активизация механизма фузии, 2) коррекция механизма фузии, 3) коррекция механизма бификсации, 4) коррекция механизма настройки на резкость [90, 91].

Между тем, нужно отметить, что упражнения проводятся не в игровой форме и могут быть утомительны для ребенка. Кроме того, возможности метода ограничены для применения у пациентов со стойкой функциональной скотомой, а также у пациентов с аномальной корреспонденцией сетчаток.

В последние десятилетия внимание офтальмологов привлекают *жидкокристаллические очки*, механизм действия которых основан на фазовом (по времени) разделении полей зрения обоих глаз [33, 12, 179, 200].

Жидкокристаллическим (или мезоморфным) называется такое состояние вещества, когда оно обладает структурными свойствами, промежуточными между свойствами твердого кристалла и жидкости [134, 221, 246, 208].

В 1980 г. Р. Chaumont, использовал свойство жидкокристаллических линз мгновенно становиться непрозрачными под действием электрического тока для разработки способа тренировки зрительных функций у детей, страдающих косоглазием. Жидкокристаллические очки, созданные Р. Chaumont дают

возможность использовать режим альтернирования с наличием бинокулярной фазы между монокулярными, менять продолжительность монокулярных и бинокулярных фаз в широком диапазоне (25 мс до 1000 мс) и использовать призмы для компенсации угла косоглазия [179].

Другой вариант ЖКО разработан и внедрен в практику в офтальмологической клинике «Ясный взгляд», при помощи специальной компьютерной программы он позволяет индивидуально подбирать частоту попеременного переключения жидкокристаллических линз и проводить тренировочные занятия не только в офтальмологических учреждениях, но и в домашних условиях [10, 12]. Однако определение оптимальных параметров альтернирующей стимуляции при помощи жидкокристаллических очков с целью персонализированного подхода к лечению, а также их места в алгоритме лечебных мероприятий требует дальнейшего изучения.

В настоящее время продолжается активная разработка систем I-ViT shutter glasses, механизм действия которых основан на фазовой гаплоскопии в сочетании с компьютерными технологиями [226, 227, 252]. Один из вариантов подобных устройств – аппаратно-программный комплекс «КАПБИС-1» состоит из жидкокристаллических очков, генератора импульсов и компьютерной программы. Преимуществами способа является возможность проводить упражнения в игровой форме и создавать эффект глубины за счет диспаратности деталей зрительных стимулов [33, 54]. В то же время возможности способа ограничены нерегулируемой высокой частотой альтернирования стимулов (80 Гц). В связи с этим, данный способ наиболее применим на последних этапах развития стереозрения у пациентов с наличием ортотропии и бифовеального слияния.

В связи с широким распространением компьютерной техники продолжают активно развиваться компьютерные методы оценки зрительных функций и коррекции их нарушений [99, 106, 291, 294, 260, 210, 226, 227, 229, 212].

Примерами отечественных компьютерных программ, разработанных для развития бинокулярных функций у детей с косоглазием являются созданные НТЦ «Астроинформ» совместно с МНИИ ГБ им.Гельмгольца программы «*eye*» и «*Контур*». Программа предусматривает проведение зрительных упражнений в условиях анаглифного разделения полей зрения и позволяет использовать альтернирующее предъявление стимулов, начиная с низкой частоты предъявления и с последующим ее увеличением [123, 49, 17].

Анаглифный принцип разделения полей зрения в сочетании с игровой формой используется в комплексных интерактивных компьютерных *программах* «*Клинок*» и «*Класс*», разработанных в ИППИ РАН для диагностики и лечения косоглазия. Блок функционального лечения программы «*Клинок*» содержит упражнения, предназначенные для устранения функционального торможения и развития бифовеального слияния. Данная программа предусматривает использование альтернирующее предъявление простых (не создающих стереоэффект) стимулов в ограниченном диапазоне частот (1-8 Гц). Отличительной особенностью программы «*Класс*» является то, что в качестве зрительных стимулов в ней используются случайно-точечные стереограммы без альтернирующего предъявления [99]. В связи с этим данная программа может использоваться на заключительном этапе функционального лечения у пациентов с наличием ортотропии и бифовеального слияния.

Сравнительно недавно создан и внедрен в практику *аппаратно-программный комплекс* «*СКАБ*» (НППЦ «Реабилитация») содержит блок игровых программ, в которых используется как медленное (по 5 с) альтернирование изображений для правого и для левого глаза [106]. При этом альтернирующий режим предусмотрен только для простых стимулов, не создающих стереоэффект, а в качестве стереостимулов используются в основном сложные случайно-точечные стереограммы, что ограничивает возможности для работы с пациентами, имеющими выраженные нарушения стереозрения.

Несмотря на довольно большое количество публикаций, посвященных применению разработанных компьютерных программ для развития бинокулярного зрения, сравнение их эффективности по литературным данным затруднено в связи с разнообразием исследуемых групп пациентов, отсутствием их подробных клинических характеристик, а также недостаточно полным анализом исследуемых зрительных функций [17, 26, 99].

Подводя итоги анализа литературы, нужно отметить, что, несмотря на успехи, достигнутые благодаря многолетним исследованиям в области изучения бинокулярных зрительных функций и разработки способов функциональной коррекции их нарушений, многие проблемы на сегодняшний день остаются не до конца решенными. Во многом связано с недостаточно информативной системой диагностики различных нарушений бинокулярного и стереозрения.

Так, например, одним из интереснейших, но малоизученных зрительных феноменов у пациентов с косоглазием является парадоксальная монокулярная фузия. На сегодняшний день в литературе имеются лишь единичные сообщения, описывающие этот феномен. Также недостаточно изученными остаются пространственно-временные характеристики функционального торможения зрительной информации при отклонении зрительной оси одного из глаз от общей точки фиксации.

Исходя из данных литературы очевидно, что наряду с сенсорными нарушениями бинокулярные расстройства касаются и аккомодационно-конвергентной синкинезии. В связи с этим актуальной является задача разработки комплексной системы диагностики, позволяющей выявлять и дифференцировать нарушения, касающиеся не только отдельных компонентов бинокулярного зрения, но и их взаимодействия в общем контексте пространственного восприятия.

Одним из перспективных направлений является исследование зрительных иллюзий, возникающих как проявление неоднозначности информации о

глубине в двумерных изображениях. Количественная оценка выраженности зрительных иллюзий в диагностическом алгоритме может характеризовать степень бинокулярных нарушений при органической и функциональной офтальмопатологии и использоваться в мониторинге проводимого лечения.

Несмотря на многообразие разработанных к настоящему времени методов лечения нарушений бинокулярного и стереозрения, каждый из них имеет свои преимущества и, в тоже время, свои недостатки и ограничения. В связи с этим возникла необходимость в разработке алгоритмов функционального лечения, учитывающих характер и степень нарушений бинокулярного и стереозрения. Правильный выбор методик и их последовательности обеспечивает персонифицированный подход к лечению, что необходимо для повышения его эффективности.

В свою очередь, выбор оптимального алгоритма лечения напрямую зависит от полноты и качества диагностического обследования, позволяющего выявить не только нарушения всех компонентов бинокулярного зрения, но и их взаимодействия.

Таким образом, становится очевидным, что разработка высокоэффективных способов диагностики и функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения у детей является чрезвычайно актуальной задачей современной офтальмологии.

ГЛАВА 2 Материалы и методы

2.1 Дизайн исследования



Всего проведено 12927 диагностических исследований и 9360 лечебных процедур.

2.2 Материалы исследования

Общая группа включала 946 детей: 304 ребенка в возрасте от 6 до 17 (в среднем $10,8 \pm 0,24$) лет с содружественным косоглазием; 120 детей в возрасте от 7 до 17 (в среднем $12,75 \pm 0,3$) лет с частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН); 191 ребенка в возрасте от 7 до 17 (в среднем $11,45 \pm 0,3$) лет с рефракционной амблиопией, 151 ребенка в возрасте от 6 до 17 (в среднем $10,9 \pm 0,2$) лет с аметропией и 180 детей в возрасте от 7 до 17 (в среднем $9,8 \pm 0,3$) лет без офтальмопатологии. Клинические характеристики детей представлены в таблицах (табл. 4, 5).

Таблица 4 – Клинические характеристики исследуемой группы детей с содружественным косоглазием

Клинические характеристики		Группы детей	
		Сходящееся косоглазие (n=190)	Расходящееся косоглазие (n=50)
Возраст, M±m (годы)		10,45±0,27	12,3±0,49
Количество в группе мальчиков / девочек, абс. число детей (%)		98/92 (51,6/8,4%)	19/31 (38/62%)
Корригированная острота зрения ЛВГ, M±m, (усл. ед)		0,87±0,01	0,82±0,02
Корригированная острота зрения ХВГ, M±m, (усл. ед.)		0,67±0,02	0,71±0,03
Амблиопия ЛВГ, количество глаз (%)	Без амблиопии	99 (52,1%)	22 (44%)
	Амблиопия слабой степени	89 (46,8%)	27 (54%)
	Амблиопия средней степени	2 (1,1%)	1 (2%)
	Амблиопия высокой степени	0	0
Амблиопия ХВГ, количество глаз (%)	Без амблиопии	58 (30,5%)	15 (30%)
	Амблиопия I степени	101 (53,16%)	31 (62%)
	Амблиопия II степени	25 (13,16%)	3 (6%)
	Амблиопия III степени	6 (3,18%)	1 (2%)

Продолжение таблицы 4

Клинические характеристики		Группы детей	
		Сходящееся косоглазие (n=190)	Расходящееся косоглазие (n=50)
Виды рефракции, абс. число детей (%)	Эмметропическая	0	1 (2%)
	Гиперметропическая	177 (93,2%)	18 (36%)
	Миопическая	11 (5,7%)	27 (54%)
	Смешанный астигматизм	2 (1,1%)	4 (8%)
Монолатеральное косоглазие, абс. число детей (%)		65 (34,2%)	11 (22%)
Альтернирующее косоглазие, абс. число детей (%)		125 (65,8%)	39 (78%)
Возраст возникновения косоглазия, абсолютное число детей (%)	Врожденное	18 (9,5%)	4 (8%)
	1-2 года	96 (50,5%)	15 (30%)
	3-4 года	68 (36,8%)	25 (50%)
	5-6 лет	6 (3,2%)	4 (8%)
	7-9 лет	0	2 (4%)
Оперированное косоглазие, абс. число детей (%)		117 (61,6%)	36 (72%)
Неоперированное косоглазие, абс. число детей (%)		73 (38,4%)	14 (28%)
Возраст, в котором было проведено хирургическое лечение детям с оперированным косоглазием, абс. число детей (%)	3-4 года	2 (1,7%) из 117 детей	- 0
	5-6 лет	74 (63,25%) из 117 детей	15 (41,7%) из 36 детей
	7-8 лет	32 (27,35%) из 117 детей	17 (47,2%) из 36 детей
	9-10 лет	5 (4,3%) из 117 детей	3 (8,3%) из 36 детей
	11-14 лет	4 (3,4%) из 117 детей	1 (2,8%) из 36 детей
Корреспонденция сетчаток при исследовании на синоптофоре под ОУ, абс. число детей (%)	НКС с фузионными резервами	51 (26,8%)	16 (32%)
	Неустойчивая ФСП ↔ НКС	84 (44,25%)	14 (28%)
	Устойчивая ФСП	50 (26,3%)	14 (28%)
	Диплопия	5 (2,65%)	6 (12%)

Продолжение таблицы 4

Клинические характеристики		Группы детей	
		Сходящееся косоглазие (n=190)	Расходящееся косоглазие (n=50)
Характер зрения при исследовании по цветотесту, абс. число детей (%)	Устойчивый бинокулярный	4 (2,1%)	0
	Неустойчивый бинокулярный ↔ одновременный	28 (14,7%)	6 (12%)
	Одновременный	62 (32,6%)	22 (44%)
	Одновременный ↔ монокулярный	8 (4,2%)	2 (4%)
	Монокулярный	80 (42,1%)	13 (26%)
	Асимметричный бинокулярный	8 (4,2%)	7 (14%)
Наличие стереозрения по Fly-тесту, абс. число детей (%)		0	0
Наличие стереозрения по Lang-тесту, абс. число детей (%)		0	0
<i>Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i>			

Таблица 5 – Клинические характеристики контрольной (занимающейся по стандартным методикам) группы детей с содружественным косоглазием

Клиническая характеристика		контрольная группа детей с косоглазием (n=64)	
		Абс. Число детей	%
Количество мальчиков / девочек		27 / 37	42,2 / 57,8
Сходящееся косоглазие		42	65,6
Расходящееся косоглазие		22	34,3
Монолатеральное косоглазие		38	59,4
Альтернирующее косоглазие		26	40,6
Рефракция	гиперметропическая	45	70,3
	Миопическая	17	26,6
	смешанный астигматизм	1	1,6
	Эмметропическая	1	1,6

Продолжение таблицы 5

Количество детей с неоперированным косоглазием		15	23,4
Количество детей с оперированным косоглазием	в возрасте 4-5 лет	10	15,6
	в возрасте 6-7 лет	27	42,2
	в возрасте 8-10 лет	8	12,5
	в возрасте 11-14 лет	4	6,2
Ортотропия, достигнутая в результате хирургического лечения или оптимальной оптической коррекции		18	28,1
Количество детей с величиной экзотропии до 5°		14	21,9
Количество детей с величиной экзотропии от 6° до 10°		12	18,7
Количество детей с величиной эзотропии до 5°		15	23,4
Количество детей с величиной эзотропии от 6° до 10°		5	7,9
Количество детей с наличием бифовеального слияния		26	40,6
Количество детей с бинокулярным характером зрения		18	28,1
Количество детей со стереозрением по Fly-test		24	37,5
Количество детей со стереозрением по Lang-test		0	0

Таблица 6 – Клинические характеристики детей с ЧАЗН, с рефракционной амблиопией и с аметропией

Клинические характеристики	Группы детей			
	ЧАЗН (n=120)	Амблиопия (n=191)	Аметропия (n=151)	
Возраст, М±m (годы)	12,75±0,3	11,4±0,3	10,9±0,2	
Количество в группе мальчиков / девочек (%)	72 / 48 (60/40%)	97 / 94 (50,8/49,2%)	85 / 66 (56,3/43,7%)	
Корригированная острота зрения ЛВГ, М±m, (усл. ед.)	0,32±0,02	0,75±0,01	0,97±0,01	
Корригированная острота зрения ХВГ, М±m, (усл. ед.)	0,19±0,01	0,67±0,02	0,94±0,01	
Виды рефракции, абсолютное число детей (%)	Эмметропическая	0	0	
	Гиперметропическая	45 (37,5%)	59 (30,9%)	110 (72,8%)
	Миопическая	54 (45%)	107 (56%)	41 (27,2%)
	Смешанный астигматизм	11 (9,2%)	25 (13,1%)	0
	Артифакция	10 (8,3%)	0	0

Продолжение таблицы 6

Клинические характеристики		Группы детей		
		ЧАЗН (n=120)	Амблиопия (n=191)	Аметропия (n=151)
Корреспонденция сетчаток при исследовании на синоптофоре под ОУ, абс. число детей (%)	НКС с фузионными резервами	33 (27,5%)	191 (100%)	151 (100%)
	Неустойчивая ФСП ↔ НКС	32 (26,7%)	0	0
	Устойчивая ФСП	50 (41,6%)	0	0
	Диплопия	5 (4,2%)	0	0
Характер зрения при исследовании по цветотесту, абс. число детей (%)	Устойчивый бинокулярный	33 (27,5%)	191 (100%)	151 (100%)
	Неустойчивый бинокулярный ↔ одновременный	19 (15,8%)	0	0
	Одновременный	40 (33,3%)	0	0
	Одновременный ↔ монокулярный	11 (9,2%)	0	0
	Монокулярный	17 (14,2%)	0	0
Наличие стереозрения по Fly-тесту, абсолютное число детей (%)		0	156 (81,7%)	151 (100%)
Наличие стереозрения по Lang-тесту, абсолютное число детей (%)		0	0	151 (100%)
<p><i>Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – худшевидящий глаз, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i></p>				

Все дети с ЧАЗН обучались в ШО №5 школы 1499 (до 2018 года – специализированная школа-интернат для детей со слабовидением) и имели инвалидность по зрению. Диагноз подтверждался наряду с клиническими данными (характерное побледнение диска зрительного нерва при наличии четкости границ, сниженная острота зрения, дефекты поля зрения) заключением на основании электрофизиологических методов исследования (ЭРГ и ЗВП) на базе офтальмологического отделения Морозовской ГДБ (27 человек) и на базе МНИИ ГБ им. Гельмгольца (93 человека). В этой группе вторичное сходящееся косоглазие наблюдалось у 74 (61,7%) пациентов и вторичное расходящееся косоглазие – у 33 (38,3%) пациента. Врожденный

нистагм наблюдался в этой группе у 67 (55,8%) детей (у 60 детей горизонтальный мелкоамплитудный, у шести детей – горизонтальный среднеамплитудный и у одного ребенка – ротаторный). В 11 (9,2%) случаях ЧАЗН сочеталась с альбинизмом и в четырех (3,33%) с ДЦП.

Все дети контрольной группы имели нормальную остроту зрения ($1,1 \pm 0,01$ для ЛВГ и $1,0 \pm 0,01$ для ХВГ); устойчивый бинокулярный характер зрения, НКС с фузионными резервами и стереозрение по Fly-тесту и Lang-тесту.

2.3 Методы диагностики

2.3.1 Общеклинические методы исследования

Общее офтальмологическое обследование, проводили во всех случаях в соответствии с приказом «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи детям при заболеваниях глаза, его придаточного аппарата и орбиты» (от 25 октября 2012 года N 442н с изменениями на 27 июля 2020 года). Оно включало: определение скорректированной и не скорректированной остроты зрения в бинокулярных и монокулярных условиях наблюдения по таблицам Снеллена и таблицам, разработанным ИППИ РАН им.А.А.Харкевича для разных расстояний исследования [101]; определение рефракции при помощи авторефрактометра «Huvitz» (Корея); биомикроскопию на щелевой лампе «Nidek» (Япония); обратную офтальмоскопию с использованием бесконтактной линзы 60 дптр «Volk Optical» (США);

2.3.2 Традиционные методы диагностики бинокулярного и стереозрения

2.3.2.1 Методика диагностического исследования на синоптофоре

На синоптофоре объективный угол косоглазия (ОУ) определяли двумя способами:

1) Синоптофор 1 – поочередно переключали подсветку правого и левого тест-объектов в тубусах прибора (создавая условия монокулярного альтернирования), при этом следили за установочными движениями глаз и

соответственно меняли положение тубусов синоптофора (сдвигали или раздвигали), пытаясь найти такое положение, при котором установочные движения глаз во время переключения подсветки отсутствовали. Величину ОУ оценивали в градусах по шкале синоптофора.

2) Синоптофор 2 – устанавливали тубусы синоптофора в положение, примерно соответствующему измеренному ранее по методу Гиршберга. Затем, выключая подсветку тест-объекта одного глаза следили за установочным движением парного глаза во время изменения условий наблюдения - перехода от бинокулярных условий наблюдения (когда включена подсветка обоих тест-объектов) к монокулярным (когда подсветка одного из тест-объектов выключена) (рис. 3).

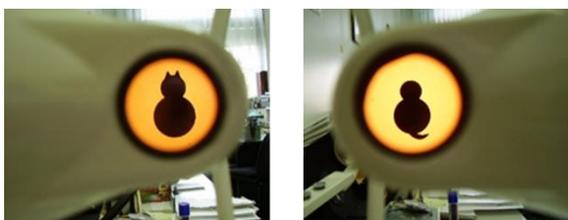


Рисунок 3 – Тест-объекты синоптофора

Для определения субъективного угла косоглазия (СУ) использовали стандартный способ, исследуя зрительные ощущения пациента при изменениях положения оптических головок прибора. Положение, при котором возникало бифовеальное слияние тест-объекта для правого глаза и тест-объекта для левого глаза (нормальная корреспонденция сетчаток (НКС)) или один из сближавшихся тест-объектов исчезал (функциональная скотома подавления (ФСП)), отмечали как СУ [2, 88, 54].

Состояние корреспонденции сетчаток определяли на основе отечественной классификации [88, 54]:

1-й тип фузионной способности (бифовеальное слияние (НКС)) – слияние правого и левого изображений объектов, расположенных под объективным углом косоглазия ($OU=CU$): а) с резервами, б) без резервов.

2-й тип фузионной способности (ФСП в фовеальной зоне) – исчезновение изображения одного из объектов, расположенных под объективным углом

косоглазия: а) неустойчивая (периодическое исчезновение объекта); б) устойчивая (постоянное исчезновение объекта).

3-й тип фузионной способности (ФСП в нефовеальной зоне) – исчезновение изображения одного из объектов, расположенных под субъективным углом косоглазия: а) под субъективным углом, равным нулю; б) под субъективным углом, не равным нулю.

4-й тип фузионной способности – аномальная корреспонденция сетчаток (АКС) – слияние правого и левого изображений объектов, расположенных под субъективным углом, не равным объективному ($СУ \neq ОУ$): а) под субъективным углом, равным нулю, б) под субъективным углом, не равным нулю.

5-й тип фузионной способности (тотальное торможение) – отсутствие изображения одного из объектов практически при любом их расположении.

6-й тип фузионной способности (чередование различных форм торможения и слияния) – чередование слияния изображений объектов с их исчезновением под любым углом.

Фузионные резервы определяли при наличии бифовеального слияния максимально сближая (положительные фузионные резервы), и максимально раздвигая (отрицательные фузионные резервы) оптические головки прибора. Величину фузионных резервов определяли по шкале прибора в градусах.

2.3.2.2 Методика определения величины девиации при помощи призм

Для определения ОУ в условиях максимально приближенных к естественным, использовали односторонний cover-тест с призмами. Для компенсации угла косоглазия использовали набор призм фирмы «Luneau», включавший 22 призмленные линзы силой от 1,0 до 50,0 prD. При комбинации призм разной силы максимальная величина ее могла составлять 90 prD и компенсировать таким образом величину девиации 45° по Гиршбергу, учитывая, что 1,0 prD соответствует $0,5^\circ$ (рис. 4).



Рисунок 4 – Набор призм

Для нейтрализации эзотропии призму соответствующей силы устанавливали основанием к виску, для компенсации экзотропии – основанием к носу, при гипотропии – основанием вверх, при гипертропии – основанием вниз. Например, для компенсации эзотропии 10° необходима была призма силой 20,0 prD, установленная перед косящим глазом основанием к виску.

Для оценки величины тропии (без фории) использовали односторонний cover-тест. При проведении одностороннего cover-теста призму силой приблизительно соответствующей величине девиации помещали перед исследуемым глазом в тот момент, когда заслонкой прикрывали другой глаз. Если сила призмы являлась достаточной для нейтрализации девиации, установочное движение исследуемого глаза отсутствовало. Если установочное движение еще наблюдали – повторяли исследование с другой призмой до полного исчезновения установочных движений.

Для оценки общей величины отклонения глаза, включающей одновременно тропию и форию использовали альтернирующий (двусторонний) cover-тест с призмами. При выполнении теста подбирали такую силу призмы, при которой установочные движения в момент поочередного открывания то одного, то другого глаза отсутствовали (т.е. девиация полностью нейтрализовалась) [42, 203].

2.3.2.3 Исследование характера зрения при помощи четырехточечного цветотеста

Характер зрения исследовали на четырехточечном цветотесте Белостоцкого-Фридмана, являющимся разновидностью его широко известного прототипа Worth-теста [341, 18, 19, 20]. Панель прибора содержит четыре отверстия с подсвеченными стеклами разного цвета – белым, двумя зелеными (или синими) и красным. Пациент во время исследования смотрит на тест через красно-зеленые светофильтры (рис. 5).



Рисунок 5 – Четырехточечный цветотест Белостоцкого-Фридмана

Исследование проводили с расстояний 5м, 0,5м, 33 см. В задачу пациента входило распознать количество и цвета источников света. Красный фильтр в очках ставили перед правым глазом. Тест выполняли без призм или с призмами, соответствующими углу косоглазия. Результаты исследования интерпретировали следующим образом:

1) *Нормальное бинокулярное зрение* – диагностировали в случае визуализации как общего объекта для обоих глаз, так и объектов, принадлежащих каждому глазу (всего 4 объекта), с доминированием правого глаза (видны два красных и два зеленых объекта), с доминированием левого глаза (видны три зеленых и один красный объекты) и без доминирования (при периодической смене красного и зеленого цветов общего для обоих глаз объекта). Бинокулярный характер зрения градируют на устойчивый и неустойчивый (видны то 4, то 5 объектов из-за периодического двоения общего для обоих глаз объекта).

2) *Монокулярное зрение* – диагностировали в случае визуализации только объекта, принадлежащего правому глазу (два красных), либо – только левому глазу (три зеленых).

3) *Одновременное зрение* – в случае визуализации объектов, принадлежащих и правому и левому глазу (всего - пять объектов).

4) *Асимметричное бинокулярное зрение* (при наличии угла косоглазия) – констатировали при визуализации как общего объекта для обоих глаз, так и объектов, принадлежащих каждому глазу (всего – четыре объекта) (рис. 6).

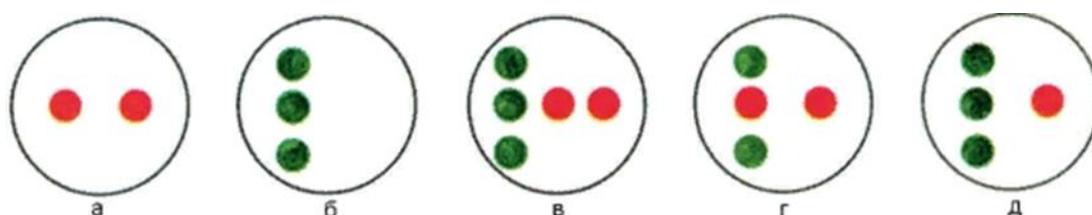


Рисунок 6 – Результаты тестирования на четырехточечном цветотесте: а) монокулярный характер зрения с доминированием правого глаза, б) монокулярный характер зрения с доминированием левого глаза, в) одновременный характер зрения, г) бинокулярный характер зрения с доминированием правого глаза, д) бинокулярный характер зрения с доминированием левого глаза

2.3.2.4 Классический тест Баголини

Корреспонденцию сетчатки исследовали в условиях, приближенных к естественным. Использовали классический тест Баголини – с растровыми очками и точечным источником света (рис. 7).



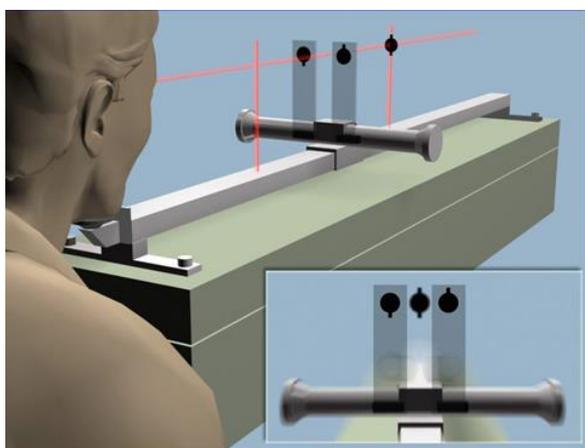
Рисунок 7 – Классический тест Баголини

Исследование с классическим тестом Баголини проводили по стандартной методике [157, 14]. Пациент смотрел через стекла Баголини (имеющие тонкие насечки под углом 135° для одного глаза и 45° для другого) на точечный источник света, находящийся на расстоянии 50 см от глаз. У пациентов с аметропией исследование проводили в условиях оптимальной оптической коррекции. Зрительные впечатления пациента исследовали без призмной компенсации девиации (под СУ) и в условиях полной призмной компенсации (под ОУ). В том и другом случае регистрируемыми вариантами зрительных впечатлений пациента были следующие: 1) два луча пересекаются на источнике света и формируют X: а) на фоне ортотропии (НКС), б) на фоне отклонения одного из глаз (АКС); 2) виден только один луч, проходящий через источник света – широкая супрессия глаза, не воспринимающего световой луч; 3) видны оба луча, но один из них виден только частично по сторонам от источника света (неполный центральный тест) на фоне отклонения глаза речь идет о регионарной ФСП под СУ, на фоне призмной компенсации или ортотропии – о центральной регионарной скотоме под ОУ; 4) видны два источника света на расстоянии друг от друга с проходящими через них лучами – диплопия.

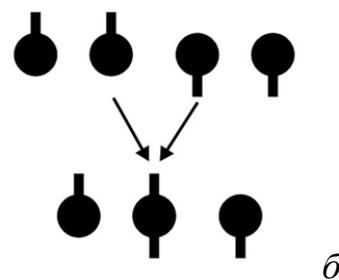
2.3.2.5 Исследование бинокулярных зрительных функций на аппарате АВИЗ-01 (бинариметре)

Методика бинариметрии включает комплекс диагностических исследований и тренировочных упражнений. *Диагностика бинокулярных функций на бинариметре* позволяет исследовать состояние бинокулярного зрения и его нарушения. Выполнение комплекса тренировочных упражнений позволяет развивать бинокулярное и стереозрение. Это достигается за счет восстановления нормальной функциональной связи между сенсорными, моторными и проприоцептивными компонентами зрительного анализатора [72, 73, 119, 95].

Метод основан на явлениях физиологического двоения и слияния двойных изображений. Физиологическое двоение возникает при проекции изображения на диспаратные участки сетчаток. Оно может быть одноименным (когда точка бификсации находится перед объектом двоения) и перекрестным (когда точка бификсации находится за объектом двоения). У пациента возникает ощущение двоения черного кружка на прозрачной пластинке, когда он смотрит сквозь пластинку вдаль. Если на пластинке поместить перед глазами два одинаковых кружка и попросить пациента смотреть так же вдаль – воспринимаемое им изображение будет состоять из четырех одинаковых кружков (рис. 8).



a



б

Рисунок 8 – *a*) Бинариметр, *б*) Феномен физиологической диплопии с последующим слиянием зрительных образов

Приближая и отодвигая прозрачную пластину (при неизменной точке бификсации), определяют такое расстояние от глаз, на котором происходит слияние двух средних кружков в один, что указывает на проецирование кружков на центральные ямки сетчатки того и другого глаза.

В итоге пациент начинает воспринимать мнимый зрительный образ, состоящее из трех кружков: средний кружок будет являться бинокулярным зрительным образом (БЗО), возникающим в результате объединения информации о проекциях, попадающих на центральные ямки сетчаток того и другого глаза. Боковые проекции кружков будут попадать на диспаратные участки височных половин сетчаток. В следствие этого, при закрывании

правого глаза будет пропадать крайний левый кружок, а при закрывании левого глаза – правый кружок (феномен перекрестного двоения) (рис. 9).

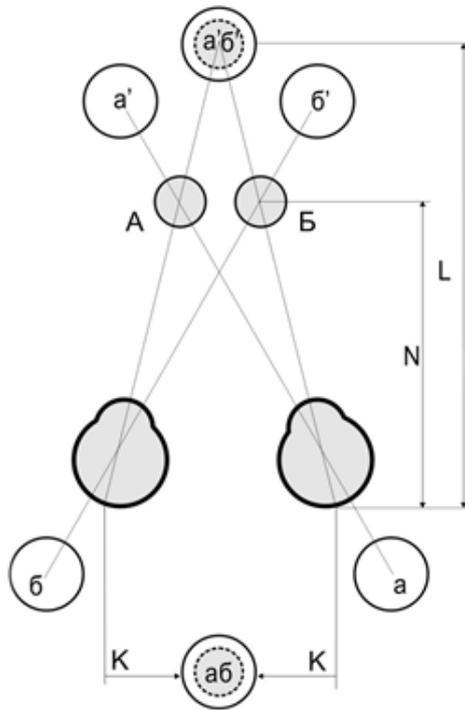


Рисунок 9 – Схема образования БЗО при дивергенции зрительных осей (заплюсостная фиксация тест-объектов)
 А, Б – элементы теста а'б' – бинокулярный зрительный образ
 а', б' – монокулярные зрительные образы
 а, аб, б – сетчаточные проекции элементов теста при перекрестной диплопии
 L – расстояние от глаз исследуемого до БЗО
 N – расстояние от глаз исследуемого до элементов теста
 К – корреспондирующие центральные ямки обоих глаз

Мнимый зрительный образ может быть получен и при нахождении точки бификсации перед плоскостью тест-объектов. В этом случае при закрывании правого глаза будет пропадать правый крайний объект, а при закрывании левого глаза – левый крайний объект (феномен одноименного двоения).

Положение бинокулярного зрительного образа в пространстве и его размеры зависят от положения зрительных осей. При их дивергенции БЗО удаляется от глаз и увеличивается в размерах. При конвергенции – наоборот.

Для получения бинокулярного зрительного образа необходимо, чтобы тест-объекты были или полностью идентичны, или имели одинаковые детали.

На первых этапах исследования и зрительных тренировок в качестве тест-объектов используют черные кружки диаметром 1,5 см с маркировочными полосками (полоска над кружком – для одного глаза, полоска под кружком – для другого). При этом получаемый мнимый зрительный образ состоит из среднего кружка (БЗО) с двумя маркировочными полосками (каждая полоска

соответствует своему глазу) и двух боковых кружков (каждый со своей маркировочной полоской).

Бинариметр позволяет проводить диагностику функционального состояния бинокулярной системы, измерять и качественно оценивать пространственные зрительные ощущения (характеристики мнимого образа). При исследовании бинокулярного зрения на бинариметре в работе оценивали следующие показатели:

1) Количество элементов мнимого зрительного образа (ЗО) и их взаимное расположение с полным и неполным мнимым ЗО. Полный мнимый ЗО состоял из 4-х элементов или из 3-х (при слиянии средних элементов, образующих БЗО). Неполный мнимый ЗО возникал у пациентов с функциональной скотомой. Проекция тест-объекта, попадающая в область функциональной скотомы не воспринималась пациентом и один из кружков «пропадал».

2) Яркость элементов мнимого ЗО. В связи с локализацией точки бификсации за плоскостью или перед плоскостью тестов, дети с нормальным бинокулярным зрением не отмечали абсолютной четкости элементов мнимого ЗО и существенных различий в яркости элементов ЗО. Дети с относительной функциональной скотомой отмечали «мигание» одного из кружков или его «прозрачность».

3) Ощущение удаления или приближения БЗО. Оно возникало при изменении расстояния между тестами и свидетельствовало о способности ребенка к восприятию глубины.

4) О величине фузионных резервов судили по способности ребенка удерживать БЗО не раздваивающимся при увеличении и уменьшении расстояния между тестами.

Наряду с черными кружками с маркировочными полосками использовали и более сложные тест-объекты с рисунком, буквами или цифрами, а также

тесты, создающие при успешной фузии стереоэффект (за счет относительного смещения одинаковых деталей на тест-объектах).

2.3.2.6 Методика исследования стереокинетического эффекта

Для исследования стереокинетического эффекта использовали методику, разработанную на кафедре физиологии Иркутского Государственного Университета [73, 109, 110]. В качестве тестового объекта использовали вариант кольцевого изображения с эксцентриситетом (периферическое смещение центрального элемента кольцевого изображения / радиус изображения) 0.4 (рис. 10).



Рисунок 10 – Тестовая фигура для исследования стереокинетического эффекта

Кольцевое изображение предъявляли на экране ноутбука при помощи компьютерной программы, разработанной М.В.Жмуровым. Расстояние от глаз ребенка до изображения составляло 3 м. Скорость вращения кольцевого изображения была 60 об/мин. Диаметр кольцевого изображения был равен 20 см. Исследование проводили в условиях оптимальной оптической коррекции при общем освещении 500 лк. Задачей испытуемого являлось оценить иллюзорный объем виртуального конуса или виртуальной воронки, возникающих при наблюдении кольцевого изображения при его вращении. Бинокулярная оценка предусматривала условия, при которых оба глаза испытуемого были открыты, а монокулярная – условия, при которых правый или левый глаз поочередно был прикрыт светорассеивающей заслонкой. Для облегчения оценок выраженности стереокинетического эффекта рядом с ноутбуком были расположены семь эталонных бумажных конусов с

одинаковым основанием диаметром 20 см и разной высотой (5,10, 15, 20, 25, 30 и 35 см).

Задачей испытуемого было указать бумажный конус, наиболее близкий по величине к виртуальному конусу или виртуальной воронке, по его мнению. Кроме того, отмечали время доминирования у испытуемого виртуального конуса и виртуальной воронки при их чередовании, которое измеряли в секундах в течение 1 мин и вычисляли средние значения времени доминирования того и другого варианта виртуальной фигуры.

2.3.2.7 Методы исследования стереозрения с Fly-test и Lang-test

В качестве стандартных методов исследования стереозрения в работе использовали Titmus-test и Lang-test.

Fly-test – предусматривает использование поляроидных очков для восприятия рельефа [186]. Тест предъявляли испытуемым с расстояния 40-45 см от глаз. Крупное тестовое изображение в виде мухи имеет диспаратность более 1000". Серия изображений животных с диспаратностью 400", 200" и 100". Серия изображений из девяти квадратов, содержит четыре круга с диспаратностью от 800" до 40" (рис. 11, а).

Lang-test (Lang I и Lang II), представляющий собой случайно-точечные стереограммы, которые можно воспринимать без очков, благодаря покрытию из множества вертикальных призм [253]. Тестовую пластинку помещали также на расстоянии 40-45 см от глаз пациента. Избегали движений головы пациента и смещения пластинки. Тест оценивали в угловых секундах. Ланг I содержит тест-объекты: кошку (диспаратность 1200"), звезду (диспаратность 600") и машину (диспаратность 550"). Ланг II содержит тест-объекты: звезду, видимую монокулярно, слона (диспаратность 600"), машину (диспаратность 400") и месяц (диспаратность 200"). Задача ребенка – называть объемные изображения, которые он видит. При отсутствии стереозрения пациенты видели только плоскую пластинку с черно-белыми точками (рис. 11, б).

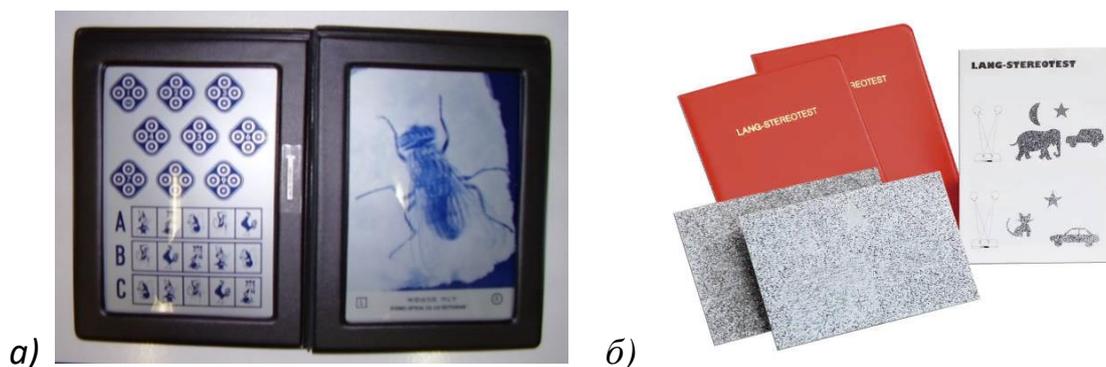


Рисунок 11 – Классические стереотесты: а) – Fly-test; б) – Lang-test

2.3.2.8 Метод количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера

Для количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера использовали тестовые изображения, разработанные в ИППИ РАН [105, 77]. Пары печатных тестовых изображений представляли собой фигуру Мюллера-Лайера для исследования иллюзии и изображение в виде простых линий для оценки глазомера (рис. 12).

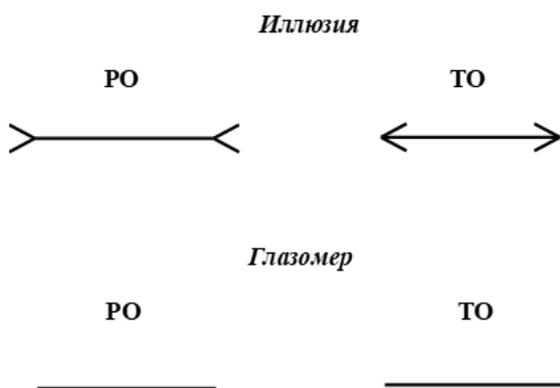


Рисунок 12 - Тестовые фигуры для количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера и глазомера. РО – референтный отрезок, ТО – тестовый отрезок

Каждая пара фигур включала тестовый (ТО) и референтный (РО) отрезки. Последовательность предъявления тестовой фигуры Мюллера-Лайера и тест для глазомера меняли в случайном порядке. Исследование проводили в бинокулярных условиях наблюдения. При аметропии использовали оптимальную оптическую коррекцию. Расстояние от монитора до глаз испытуемого составляло 70 см, положение головы фиксировали при помощи подбородной подставки.

В процессе исследования ребенок должен был ответить на вопрос о величине ТО относительно РО ($ТО < РО$, $ТО = РО$, $ТО > РО$) при разных

соотношениях их длин. Задачей исследования являлось определить диапазон соотношения реальных длин ТО и РО, в котором отрезки кажутся пациенту равной длины. Варианты относительных различий в длине ТО и РО включали значения от -8% до 64% для фигуры Мюллера-Лайера с шагом 8% и от (-)16% до 16% для глазомера с шагом 2%.

2.3.2.9 Метод исследования иллюзии вращения неоднозначных фигур

Для наблюдения иллюзорного вращения неоднозначных фигур на экране монитора испытуемым предъявляли видеоклипы с изображением силуэтной фигуры человека и куба Неккера при помощи компьютерной программы, разработанной А.П. Терехиным (ИППИ им. А.А. Харкевича РАН) [204]. Видеоклипы представляли собой серию последовательных изображений статичных фигур в разных ракурсах и предъявлялись в течение 3 мин. При этом детали изображения как куба Неккера, так и фигуры человека двигались с угловой скоростью 8 об/мин. Расстояние от экрана монитора до глаз ребенка составляло 70 см (рис. 13).

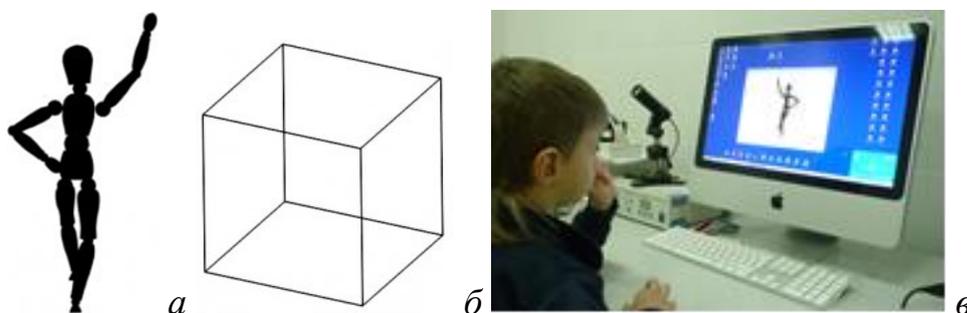


Рисунок 13 – Неоднозначные фигуры, использованные в исследовании: а) – силуэт человека, б) – куб Неккера, в) – ребенок в процессе наблюдения видеоклипа на экране монитора компьютера

Видеоклипы на экране монитора у испытуемого вызывали иллюзию вращения фигур по часовой или против часовой стрелки или колебания (повороты) фигуры вправо-влево. Фиксировали следующие характеристики восприятия иллюзии вращения неоднозначных фигур: первоначальное направление вращения фигуры, число смен направления вращения фигуры в

минуту, отмечали случаи, когда испытуемые воспринимали повороты фигуры вправо-влево вместо вращения.

2.4 Методы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения

2.4.1 Методика ортоптического лечения на синоптофоре

Схема лечения включала три этапа: 1) восстановление способности к бифовеальному слиянию; 2) развитие фузионных резервов 3) развитие подвижности глаз [2, 88, 54].

На первом этапе упражнения начинали с применения более крупных объектов на слияние с использованием меньшей яркости фона. Оптические головки синоптофора устанавливали соответственно объективному углу косоглазия. Затем включали мигания «раздельно» с минимальной частотой 2 Гц. После этого частоту раздельных миганий начинали постепенно увеличивать до 8 Гц. Затем переходили на совместные мигания с той же частотой 8 Гц. Затем, после достижения слияния изображений при совместных миганиях с максимальной частотой ее начинали плавно уменьшать. Если изображение начинало двоиться, частоту снова увеличивали до исчезновения двоения.

На втором этапе лечения развивали фузионные резервы. Для этого оптические головки постепенно сближали или разводили, а пациент в это время старался удерживать правый и левый рисунки слитными. Когда изображение начинало двоиться, переводили головки в первоначальное положение и вновь начинали медленно сводить или разводить их в зависимости от того, какие фузионные резервы развивали: положительные или отрицательные.

Третий этап лечения включал упражнения на развитие подвижности глаз. Для этого перемещали одновременно обе головки то в одну, то в другую сторону, а задачей пациента было следить за изображением и удерживать его слитным. Курс лечения состоял из 15 занятий, продолжительностью 15-20 минут, проводимых ежедневно.

2.4.2 Методика лечения на бинариметре

Функциональное лечение на бинариметре включало следующие основные этапы: а) получение феномена двоения; б) устранение функциональной скотомы (если она имеется); в) получение феномена слияния двойных изображений (БЗО); г) развитие фузионных резервов; д) развитие глубинного зрения [91].

Курс лечения составлял 15 занятий, продолжительностью 20-25 минут. Пациенты с аметропией занимались в условиях оптимальной оптической коррекции. Методика лечения на бинариметре избиралась в соответствии с типом сенсорной фузии и состоянием фузионных резервов.

При наличии бифовеального слияния с ограничением или отсутствием фузионных резервов функциональная коррекция была направлена на восстановление и расширение амплитуды фузии. После достижения устойчивого восприятия бинокулярного зрительного образа (БЗО) перед пациентом ставили задачу сохранения зрительного образа среднего кружка при изменении расстояния между центрами предъявляемых тест-объектов. Если БЗО распадался, переводили тестовые пластины в первоначальное положение и вновь медленно сводили или разводили их до появления двоения.

При наличии регионарных скотом на бинариметре наблюдалось исчезновение одного из элементов двойного изображения, соответствующего правому или левому глазу, когда его проекция попадала на область функционального торможения. При наличии регионарных скотом использовались специальные тесты, содержащие 2-3 ряда кружков.

Как упрощенный вариант тренировок, основанных на явлениях физиологического двоения и слияния двойных изображений, использовали также «Плакетку J.Mawas» [262]. Принцип занятий с ней, соответствовал описанной ранее методике для домашних упражнений (рис. 14).

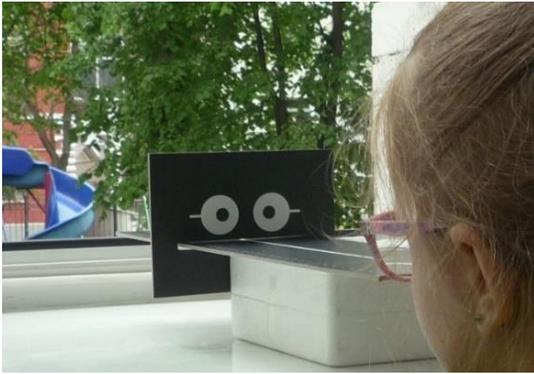


Рисунок 14 – Плакетка J.Mawas

2.4.3 Жидкокристаллические очки

Жидкокристаллические очки (ЖКО) конструкции Р. Chaumont

В предложенных Р. Chaumont (1980) очках для тренировки зрительных функций у пациентов с содружественным косоглазием использовано свойство жидкокристаллических линз мгновенно становиться непрозрачными под действием электрического тока, а после прекращения его действия быстро восстанавливать свою прозрачность. Это свойство сделало возможным попеременную окклюзию правого и левого глаза в заданном режиме [179].

Прибор состоит из корпуса с панелью управления, соединенного электрическими проводками с жидкими кристаллами, расположенными между двумя простыми стеклами в очковой оправе. Электрический ток изолированно воздействует на жидкие кристаллы правой или левой линзы. Регулировать продолжительность «прозрачной», «непрозрачной» и «бинокулярной» фаз можно вручную или автоматически. Каждый регулятор длительности фаз для правого и левого глаза снабжен шкалой с делениями, соответствующими длительностям от 1 до 0,025 с (рис. 15).



Рисунок 15 – Жидкокристаллические очки конструкции Р. Chaumont

В процессе лечения вначале используют режим монокулярного альтернирования (постепенно уменьшая длительность монокулярных фаз), а затем режим с бинокулярной фазой между монокулярными, постепенно ее увеличивая.

Аппаратно-программный комплекс жидкокристаллические очки-компьютер «Капбис».

Аппаратно-программный комплекс «Капбис-1» представляет собой соединение жидкокристаллических очков с генератором электрических импульсов и дискеты с программой стандартного IBM-совместимого персонального компьютера. Под действием электрических импульсов, подаваемых генератором на пластинки очков, попеременно открывается то правый, то левый глаз. Частота переключений равна 80 Гц, что заведомо превышает критическую частоту слияния мельканий.

Программа, записанная на дискете, синхронно с переключением пластинок очков подает на экран монитора изображение то для правого, то для левого глаза пациента.

Комплекс предусматривает два варианта 1) возможность отдельно предъявлять правому и левому глазу пациента детали плоского изображения, 2) условия для объемного восприятия изображения за счет диспаратности деталей, предъявляемых правому и левому глазу.

Во время проведения зрительных тренировок пациент надевает жидкокристаллические очки (если имеется аметропия, то поверх своих очков) и усаживается на расстоянии 60 см от монитора компьютера. Врач запускает программу и предварительно инструктирует пациента. На экране монитора появляется плоская или трехмерная сюжетная картинка. Вариант упражнений (с плоским или объемным изображением) выбирает врач в зависимости от этапа лечения и способности пациента к восприятию объема. Программа с использованием трехмерного изображения имеет 10 уровней сложности и позволяет оценивать стереовосприятие по 10 уровням диспаратности (от 60 угл.

мин до 2,5 угл. мин). Упражнения проводятся в игровой форме. Общий фон изображения на экране представляет собой поле с меняющимися по сюжету картинками. На поле имеется неподвижный тест-объект, который является игровой «целью» для пациента, а над «целью» находится подвижный тест в виде летающей тарелки, которую пациент может передвигать на экране во всех направлениях при помощи мыши-манипулятора. Задача пациента – сопоставить подвижный и неподвижный объекты в пространстве таким образом, чтобы импульс- «снаряд», посланный «летающей тарелкой», попал точно в «цель». Импульс посылается при нажатии на клавишу мыши-манипулятора, а попадание в «цель» сопровождается звуковым сигналом. При этом компьютер автоматически фиксирует каждое попадание в виде набранных очков. Если пациент успешно справляется с заданиями первого уровня, он последовательно переходит к следующим уровням программы. Усложнение задания выражается в последовательном уменьшении степени диспарации правого и левого изображений по отношению друг к другу, а бинокулярное слияние этих изображений в ходе выполнения зрительных упражнений приводит к достижению более качественного бинокулярного зрения. Результат регистрируется в виде набранных очков, при проведении тренировок количество их увеличивается. Обычно проводится 2 курса по 10 занятий продолжительностью 15–20 минут с интервалом между курсами 1,5–2 месяца.

2.4.4 Комплекс компьютерных программ "EYE"

Компьютерные программы, входящие в комплекс "EYE" (разработанный фирмой "Астроинформ") предназначены для диагностики и лечения амблиопии и косоглазия, восстановления и развития бинокулярного зрения [17]. Программы предусматривают разделение полей зрения с помощью красно-синих очков. Упражнения проводятся в игровой форме. Лечение направлено на развитие правильной локализации и фиксации, что способствует повышению остроты зрения. Во время игры происходит локальное и общее раздражение сетчатки яркими цветовыми динамическими стимулами (рис.16). Показаниями

к применению данных программ является амблиопия любой степени. Программы содержат разнообразные упражнения на "совмещение" и "слияние" развивающие совместную работу глаз.



Рисунок 16 – Программа «Крестики» комплекса программ «EYE»

2.5 Методы статистического анализа

Полученные данные подвергали статистическому анализу при помощи компьютерной программы SPSS. Были вычислены средние арифметические значения, медианы, стандартные отклонения. Правильность распределения значений в группах оценена с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Для сравнения показателей в разных группах использовали параметрический критерий Стьюдента для независимых выборок или непараметрический критерий Манна-Уитни. Для оценки изменений показателя в связанных выборках использовали параметрический критерий Стьюдента для связанных выборок или непараметрический критерий Вилкоксона. Для определения статистической значимости различий в одной паре сравнений критический уровень составлял 0,05. При использовании больше одной пары сравнений применяли поправку Бонферрони. Использовали также построение таблиц сопряженности, сравнение набора частот в группах с применением критерия χ^2 Пирсона для независимых выборок и χ^2 Фридмана для связанных выборок. Проводили дисперсионный анализ ANOVA и корреляционный анализ с использованием параметрического критерия Пирсона или

непараметрического критерия Спирмена. Для исследования диагностической ценности разработанных нами диагностических тестов мы анализировали их **чувствительность и специфичность** по Байесу.

Чувствительность теста (способность достоверно выявлять наличие нарушения бинокулярного зрения у пациента, имеющего его в действительности) определяли по формуле Байеса для условных вероятностей: $Ч = ИП/(ИП+ЛО) \times 100\%$, где Ч – чувствительность, ИП – истинно положительный результат, ЛО – ложноотрицательный результат.

Специфичность теста (способность достоверно определять отсутствие нарушения бинокулярного зрения) вычисляли по формуле: $С = ИО/(ИО+ЛП) \times 100\%$, где С – специфичность, ИО – истинно отрицательный результат, ЛП – ложноположительный результат. Определяли также прогностическую значимость положительного результата (ПЗР+), представляющую собой долю истинно положительных результатов среди всех положительных значений теста, по формуле: $ПЗР+ = ИП/(ИП+ЛО) \times 100\%$. Рассчитывали прогностическую значимость отрицательного результата (ПЗР-) - долю истинно отрицательных результатов теста среди всех отрицательных значений, по формуле: $ПЗР- = ИО/(ИО+ЛП) \times 100\%$.

Все исследования проводились по единому алгоритму на местах работы автора: кафедре глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России; лаборатории №11 (Зрительные системы) Института проблем передачи информации имени А.А. Харкевича, РАН; ГБУЗ «Детская городская поликлиника №99 Департамента здравоохранения города Москвы». Все исследования проводили в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации (1996, 2002).

ГЛАВА 3 Результаты собственных исследований

3.1 Разработка методов диагностики бинокулярного и стереозрения

3.1.1 Результаты сравнительного исследования величины девиации разными способами у детей с содружественным косоглазием

Обследовали 240 детей с содружественным косоглазием в возрасте от 6 до 17 (в среднем $10,8 \pm 0,24$) лет. Из них 190 детей со сходящимся косоглазием и 50 – с расходящимся (клинические характеристики группы представлены в разделе 2.2.).

Величину девиации измеряли: 1) на **синоптофоре** двумя способами; 2) при помощи призм и двух вариантов cover-теста (см. раздел 2.3.2.1.).

Результаты измерения величины девиации у пациентов с косоглазием представлены на рисунке (рис. 17).

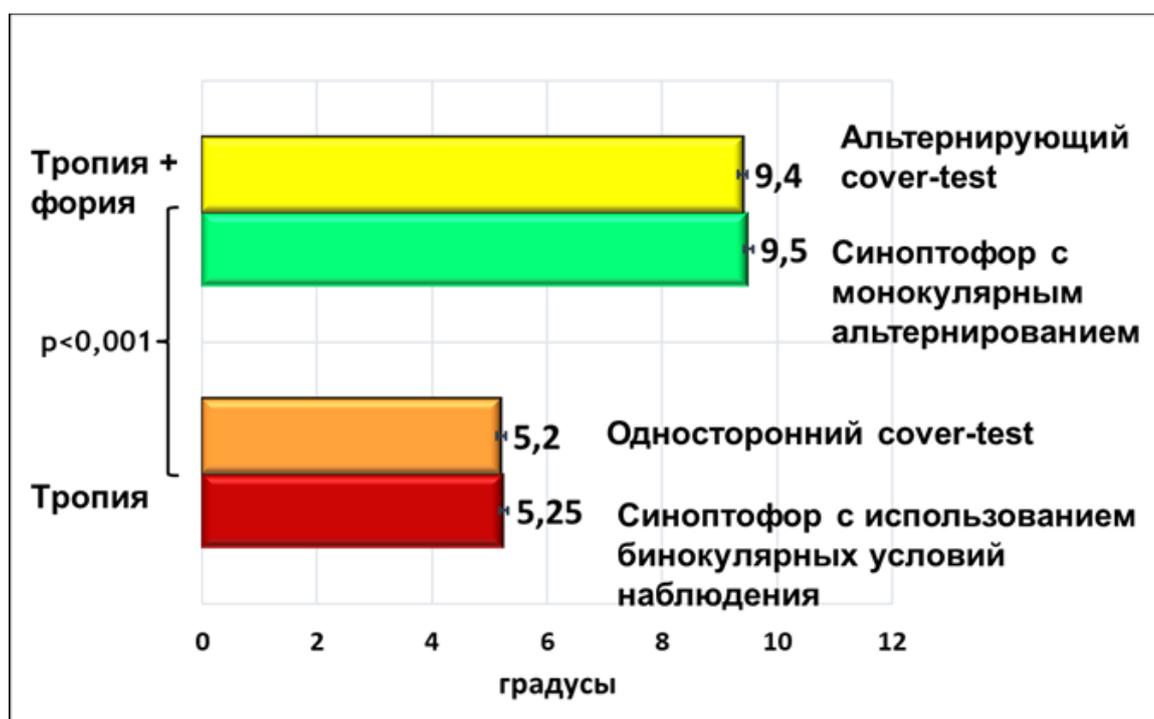


Рисунок 17 - Сравнение результатов оценки величины девиации (n=240)

Средние значения величины девиации, измеренной на синоптофоре первым способом и измеренной при помощи одностороннего cover-теста, были сопоставимы. Средние значения величины девиации, измеренной на синоптофоре вторым способом, и при помощи альтернирующего cover-теста,

были также сопоставимы. Разница величины девиации, измеренной на синоптофоре первым и вторым способом, составила в среднем $4,2 \pm 0,015^\circ$. Такую же разницу получили при сравнении средних значений, полученных при помощи одностороннего и альтернирующего cover-теста.

Полагаем, что девиация, измеренная первым способом на синоптофоре и односторонним cover-тестом с призмами, отражает величину угла с учетом **только тропии без фории**, а величина девиации, полученная вторым способом на синоптофоре и при помощи альтернирующего cover-теста с призмами, характеризует в обоих случаях **общую величину отклонения глаза, включающую и тропию и форию**. Исходя из этого, можно предположить, что в ряде случаев регистрация негармоничной корреспонденции сетчаток может объясняться ошибками в интерпретации результатов, полученных при разных подходах к технике исследования величины девиации. В нашей работе мы использовали дифференцированный подход к методическим приемам, определяя величину фории и тропии у каждого пациента с косоглазием. В функциональной коррекции бинокулярных дисфункций обязательно учитывали величины объективного и субъективного углов косоглазия.

3.1.2 Результаты апробации разработанной собственной модификации теста Баголини для анаглифных условий разделения полей зрения

Классический тест Баголини (КТБ), основанный на растровом разделении полей зрения (ПЗ), позволяет оценивать характер зрения в условиях приближенных к естественным. Между тем, в большинстве компьютерных программ для восстановления и развития бинокулярного и стереозрения применяют анаглифное разделение ПЗ. Для оценки характера зрения в условиях анаглифного разделения ПЗ используют широко известный четырехточечный цветотест. Этот способ позволяет выявлять бинокулярный, монокулярный и одновременный характер зрения, но он недостаточно информативен в диагностике функциональной скотомы подавления (ФСП) и исследовании

характера зрения у лиц с вертикальным косоглазием (при вертикальной диплопии один из красных кружков может совмещаться с верхним или нижним зеленым кружком). В связи с чем, целью данного этапа работы было создание способа исследования характера зрения, применимого в условиях анаглифного разделения полей зрения, но более информативного по сравнению с существующими классическими методами.

Модификация классического теста Баголини (МТБ) была разработана для более точной оценки состояния корреспонденции сетчаток в условиях анаглифного разделения ПЗ по сравнению с исследованием на четырехточечном цветотесте, с возможностью не только статичного, но и альтернирующего предъявления изображений для правого и левого глаза (Патент №2718266 РФ от 01.04.2020). Изображение МТБ состоит из центрального кружка лилового цвета (бинокулярная деталь стимула с цветовым тоном R 215, G 102, B 162) и пересекающимися его красной полоской – деталь изображения для одного глаза (R 255, G 0, B 0) и синей полоской – деталь изображения для парного глаза (R 0, G 0, B 255) (рис. 18).

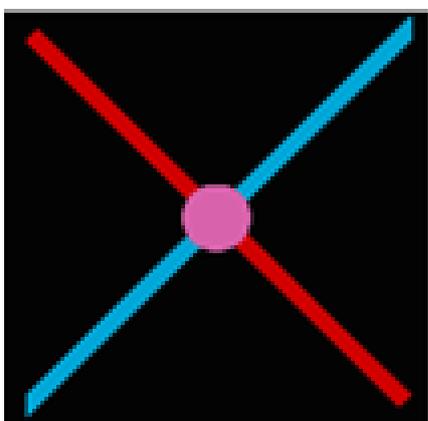


Рисунок 18 – Тест Баголини модифицированный

Общий размер изображения на экране монитора компьютера соответствовал 15x15 см, размер центрального кружка составлял 3 см. Пациент рассматривал изображение на экране монитора, с расстояния 1 м от глаз через красный фильтр (для правого глаза) и синий фильтр (для левого глаза) в условиях очковой или контактной коррекции аметропии (при ее наличии). У детей с косоглазием исследование проводили в двух вариантах: без

компенсации угла косоглазия (под субъективным углом) и в условиях полной компенсации угла призмой (под объективным углом) (рис. 19).



а б

Рисунок 19 — положение глаз у пациентки со сходящимся косоглазием: а) в условиях оптимальной очковой коррекции; б) с призмой 14,0 рD, компенсирующей угол косоглазия; в) в условиях анаглифного разделения полей зрения

Разработанный тест позволял проводить **количественную** и **качественную** оценку бинокулярного зрения. Для качественной оценки использовали статичное предъявление тестового изображения, для количественной оценки - альтернирующее (поочередное для каждого глаза). **Качественную** оценку бинокулярного зрения **под объективным углом косоглазия** проводили при ортотропии без призм, а при косоглазии – с полной призмной компенсацией. Регистрировали следующие варианты зрительных впечатлений:

1) Устойчивое бинокулярное зрение (красная и синяя полосы проходят через центральный кружок в форме «Х»).

2) Неустойчивое бинокулярное зрение:

а) чередующееся с диплопией – центральный элемент периодически распадается на два кружка со «своей» полоской;

б) чередующееся с регионарной функциональной скотомой (ФСР) – у одной из полосок видны только периферические части, а в центре полоска прерывается и цвет кружка соответствует цвету второй (целой) полоски, проходящей через него.

3) Устойчивое одновременное зрение – постоянно видны два кружка с соответствующей полоской.

4) Неустойчивое одновременное зрение, чередующееся с регионарной функциональной скотомой (ФСП).

5) Устойчивая регионарная ФСП.

6) Тотальная ФСП (монокулярное зрение) – видна только одна полоска, проходящая через центральный кружок соответствующего цвета.

Исследование проводили в группе 240 детей с содружественным косоглазием. Группу контроля составили 180 детей без офтальмопатологии (клинические характеристики групп представлены в разделе 2.2.).

Результаты оценки характера зрения под объективным углом косоглазия при помощи ТБК, ТБМ и четырехточечного цветотеста представлены в таблице (табл. 7).

Таблица 7 – Результаты оценки характера зрения под ОУ при помощи КТБ, МТБ и четырехточечного цветотеста у детей с косоглазием (n=240)

Характер зрения под ОУ		КТБ	МТБ	Цветотест
Бинокулярное зрение, абс. число детей (%)	Устойчивое бифовеальное слияние	98 (40,8%)	78 (32,5%)	123 (51,2%)
	Бифовеальное слияние ↔ ФСП	35 (14,6%)	45 (18,8%)	
Бинокулярное зрение ↔ одновременное, абс. число детей (%)		15 (6,3%)	27 (11,3%)	27 (11,3%)
Одновременное зрение, абс. число детей (%)		21 (8,8%)	22 (9,2%)	22 (9,2%)
Одновременное зрение ↔ монокулярное, абс. число детей (%)		5 (2,1%)	14 (5,8%)	14 (5,8%)
Монокулярное зрение, абс. число детей (%)	Регионарная устойчивая ФСП	13 (5,4%)	31 (12,9%)	54 (22,5%)
	Тотальная ФСП	53 (22,1%)	23 (9,6%)	
<p><i>Примечания: ОУ – объективный угол косоглазия, ФСП – функциональная скотома подавления</i></p>				

Количество детей с одновременным характером зрения, чередованием одновременного и бинокулярного зрения и чередованием одновременного характера зрения с монокулярным при исследовании с МТБ и на цветотесте совпало. Общее количество пациентов, имеющих бинокулярное зрение, и пациентов со стойкой ФСП также совпадало. С помощью МТБ среди пациентов с бинокулярным характером зрения по цветотесту выделили пациентов с непостоянной регионарной ФСП, а среди пациентов с монокулярным характером зрения по цветотесту выделили детей с регионарной устойчивой ФСП и тотальной ФСП. Таким образом, можно сделать вывод, что МТБ позволяет проводить более детальную по сравнению с цветотестом дифференциальную диагностику нарушений бинокулярного зрения.

Кроме того, выявлена разница (составляющая 12,5%) в результатах исследований, проводимых при помощи КТБ и МТБ. Мы объяснили это влиянием более «мягких» условий разделения полей зрения при использовании растрового принципа по сравнению с анаглифным.

При качественной оценке бинокулярного зрения под субъективным углом косоглазия (без призмной компенсации) регистрируемыми вариантами восприятия у детей были следующие:

- 1) Бинокулярное зрение устойчивое – красная и синяя полосы проходят через центральный кружок в форме «Х».
- 2) Бинокулярное зрение неустойчивое:
 - а) чередование бинокулярного зрения и одновременн;
 - б) чередование бинокулярного зрения и регионарной ФСП.
- 3) Одновременное зрение устойчивое - постоянно видны два кружка с соответствующей полоской.
- 4) Одновременное неустойчивое зрение, чередующееся с регионарной ФСП.
- 5) Устойчивая регионарная ФСП – восприятие только концеводной из полосок и постоянное «выпадение» ее центральной части, в то время как вторая

полоска видна полностью, проходящей через центральный кружок, соответствующего ей цвета.

6) Тотальная ФСП (монокулярное зрение) – видна только одна полоска, проходящая через центральный кружок.

7) Асимметричное бинокулярное зрение - красная и синяя полоски видны как пересекающиеся в области центрального кружка, несмотря на наличие угла косоглазия (под СУ).

Распределение пациентов по результатам исследования характера зрения под СУ с МТБ, КТБ и цветотестом представлено в таблице (табл. 8)

Таблица 8 - Результаты оценки характера зрения под СУ при помощи КТБ, МТБ и четырехточечного цветотеста у детей с косоглазием (n=240)

Характер зрения под СУ		КТБ	МТБ	Цветотест
Бинокулярное зрение устойчивое		12 (5%)	12 (5%)	4 (1,6%)
Бинокулярное зрение ↔ одновременное, абс. число детей (%)		28 (11,7%)	29 (12,1%)	34 (14,2%)
Бинокулярное зрение ↔ регионарная ФСП, абс. число детей (%)		11 (4,6%)	0	0
Одновременное зрение, абс. число детей (%)		74 (30,8%)	73 (30,4%)	84 (35%)
Одновременное зрение ↔ монокулярное, абс. число детей (%)		10 (4,2%)	10 (4,2%)	10 (4,2%)
Монокулярное зрение, абс. число детей (%)	Регионарная устойчивая ФСП	67 (27,9%)	91 (37,9%)	93(38,7%)
	Тотальная ФСП	23 (9,6%)	10 (4,2%)	
Асимметричное бинокулярное зрение, абс. число детей (%)		15 (6,3%)	15 (6,3%)	15 (6,3%)
<i>Примечания: СУ – субъективный угол косоглазия, ФСП – функциональная скотома подавления</i>				

У всех детей контрольной группы наблюдался устойчивый бинокулярный характер зрения, бифовеальне слияние с фузионными резервами на синоптофоре и наличие стереозрения по Fly-тесту и Lang-тесту.

Количество пациентов с чередованием одновременного и монокулярного характера зрения и количество пациентов с асимметричным бинокулярным характером зрения по данным всех трех тестов совпало. Полностью совпали также результаты, полученные методом КТБ и МТБ у детей с устойчивым бинокулярным зрением и тотальной ФСП. В остальных случаях отмечали небольшую разницу результатов (5% от общего количества).

Мы рассчитали **чувствительность** и **специфичность** МТБ по Байесу. Под чувствительностью теста понимали его способность достоверно выявлять наличие нарушений бинокулярного зрения у детей, их имеющих. Под специфичностью – его способность достоверно исключать нарушения бинокулярного зрения. Общая группа включала 420 детей (240 детей с содружественным косоглазием и 180 детей контрольной группы). Результаты анализа представлены в таблице (табл. 9).

Таблица 9 - Чувствительность и специфичность МТБ в сравнении с КТБ

Результат	Исследование характера зрения под СУ	Исследование характера зрения под ОУ
Положительный	228 (54,3%)	142 (33,8%)
Отрицательный	180 (42,8%)	253 (60,2%)
Ложноположительный	7 (1,7%)	20 (4,8%)
Ложноотрицательный	5 (1,2%)	5 (1,2%)
Чувствительность	97,8%	96,6%
Специфичность	96,2%	92,7%
ПЗР+	97,8%	96,6%
ПЗР-	96,2%	92,7%

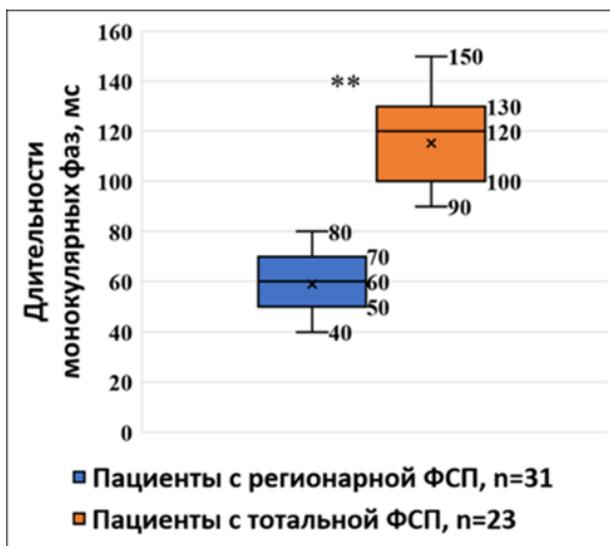
Полученные данные демонстрируют высокую чувствительность и специфичность разработанного способа клинического тестирования состояния бинокулярного зрения. ТБМ позволяет достаточно точно оценивать состояние бинокулярного зрения в условиях анаглифного разделения полей зрения и предусматривает не только статичное, но и альтернирующее предъявление деталей изображения, что необходимо не только для наиболее полного

диагностического обследования, но для индивидуального подбора оптимальных параметров зрительной стимуляции при проведении функционального лечения пациентов с нарушениями бинокулярного и стереозрения. Доказана высокая чувствительность ТБМ в диагностике нарушений бинокулярного зрения и уточнении их причин.

Количественная оценка бинокулярных функций предполагала определение минимальной длительности предъявления поочередно для каждого глаза соответствующих деталей изображения, при котором ФСП, выявленная в условиях статичного предъявления тестового изображения, исчезала. Для этого использовали режим альтернирующего предъявления красных (для одного глаза) и синих (для другого глаза) деталей изображения при помощи компьютерной программы, разработанной М.В.Жмуровым. Программа предусматривала возможность произвольно устанавливать длительность монокулярных фаз в диапазоне от 20 до 5000 мс.

Все дети с монокулярным характером зрения под ОУ по цветотесту (n=54) были разделены по итогам исследования со статичным вариантом ТБМ на две группы: 1) 31 ребенок с устойчивой регионарной ФСП; 2) 23 ребенка с тотальной ФСП.

Для варианта альтернирующего предъявления деталей тестового изображения ТБМ использовали постепенное увеличение длительности монокулярных фаз (длительности предъявления стимула для каждого глаза) с 20 мс до появления у пациента ощущения равномерной смены изображений от правого и левого глаза. Полученное значение принимали за минимальную длительность монокулярных фаз, при которой у детей с косоглазием исчезало функциональное торможение зрительной информации от косящего глаза. Результаты исследования представлены на диаграмме (рис. 20).



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 20 - Минимальные значения длительностей монокулярных фаз, при которых исчезает функциональное торможение у пациентов с косоглазием

Было установлено, что длительность монокулярных фаз у детей 2-й группы в два раза превышает показатели детей 1-й группы ($z = 6,303$ df 52, $p < 0,001$ по критерию Манна-Уитни). Мы предположили, что это может отражать более глубокий процесс торможения зрительной информации у пациентов с тотальной ФСП (см. раздел 3.1.4.).

Такая количественная оценка глубины функционального торможения важна не только в диагностике пациентов с косоглазием и нарушением бинокулярных функций, но и для индивидуального подбора режима лечения с использованием компьютерных программ, основанных на альтернирующем предъявлении стимулов и мониторинге лечения.

3.1.3 Результаты сравнительного исследования корреспонденции сетчаток у детей с содружественным косоглазием при использовании разных принципов деления полей зрения

Корреспонденцию сетчаток (КС) на синоптофоре под ОУ оценивали по методу «Синоптофор 1» (см. раздел 2.3.2.), считая его более точным для определения тропии без фории. Фузионные резервы определяли при наличии бифовеального слияния, максимально сближая (положительные фузионные резервы) и раздвигая (отрицательные фузионные резервы) оптические головки прибора, уточняя величину по шкале прибора в градусах.

При исследовании пациентов общей группы под ОУ были определены следующие варианты сенсорного корреспондентии сетчаток: 1) устойчивое бифовеальное слияние (бинокулярное слияние изображений, например, кошка с хвостом и ушами); 2) чередование бифовеального слияния и ФСП – попеременное восприятие то целого изображения, то только одного из тест-объектов (кошка только с ушами или кошка только с хвостом); 3) устойчивая ФСП – восприятие только одного из тест-объектов; 4) диплопия (два отдельных изображения, например одновременное видение кошки с хвостом и кошки с ушами). При этом у пациентов с альтернирующим косоглазием и ФСП (устойчивой или неустойчивой) наблюдали поочередное исчезновение деталей то одного, то другого тест-объекта (например, у кошки поочередно исчезали то уши, то хвост), а у пациентов с монолатеральным косоглазием – исчезновение деталей одного из тест-объектов (только уши/только хвост).

КС под СУ исследовали при соответствии положения тубусов прибора нулевой отметке шкалы ($СУ=0^\circ$). У пациентов общей группы были выявлены следующие варианты сенсорного взаимодействия: 1) устойчивое бифовеальное слияние (при $ОУ=СУ=0^\circ$); 2) двоение (одновременное видение двух отдельных изображений); 3) устойчивая ФСП (восприятие только одного из тест-объектов); 4) чередование ФСП и двоения; 5) чередование ФСП и АКС – попеременное восприятие то целого изображения (кошка с ушами и хвостом), то только одного из тест-объектов (кошка только с ушами /кошка только с хвостом) когда $ОУ \neq 0^\circ$; 6) АКС – видение устойчивого целостного изображения при $ОУ \neq 0^\circ$. Были проанализированы варианты сочетаний зрительного восприятия под ОУ и $СУ=0^\circ$ на синоптофоре.

Бифовеальное слияние под ОУ было выявлено у 67 человек (27,9% от общей группы). Из них 12 пациентов с $ОУ=СУ=0^\circ$ имели бифовеальное слияние с небольшими фузионными резервами (отрицательные в среднем $1,3 \pm 0,2$; положительные в среднем $1,9 \pm 0,2$). Из 55 пациентов с $ОУ \neq 0^\circ$ двоение под

СУ=0° отмечали у 20 пациентов; двоение, чередующееся с ФСП – еще у 20 пациентов и АКС, чередующееся с ФСП – у 15 пациентов (табл. 10).

Таблица 10 – Сочетания вариантов КС под ОУ и СУ=0° у пациентов с косоглазием (n=240) при исследовании на синоптофоре

КС под СУ на синоптофоре	КС под ОУ на синоптофоре, абсолютное число детей			
	НКС (n=67)	НКС ↔ ФСП (n=98)	ФСП (n=64)	Двоение (n=11)
НКС (дети с ОУ=СУ=0°)	12	-	-	-
Двоение	20	42	14	-
ФСП	-	19	19	-
ФСП↔двоение	20	32	27	-
АКС↔ФСП	15	5	-	-
АКС	-	-	4	11

Примечания: ОУ – объективный угол косоглазия, СУ – субъективный угол косоглазия, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, АКС – аномальная корреспонденция сетчаток

Из 98 пациентов (40,8%), имевших под ОУ≠0° бифовеальное слияние, чередующееся с ФСП, у большинства (51 пациент) выявляли ФСП под СУ=0°. Из них у 19 пациентов она была устойчивой и у 32 – неустойчивой. Двоение под СУ=0° было у 42 пациентов и АКС, чередующаяся с ФСП – у 5 пациентов.

Среди 64 (26,7% от общей группы) пациентов с устойчивой ФСП под ОУ≠0° большинство (46 пациентов) имели устойчивую (19 пациентов) или неустойчивую (27 пациентов) ФСП под СУ=0°. Таким образом, устойчивая тотальная ФСП определена в 19 случаях. У четырех пациентов с устойчивой ФСП под ОУ≠0° выявлена устойчивая АКС под СУ=0°. Устойчивую АКС выявили у 15 (6,25% от общей группы) пациентов. При этом под ОУ у 11 из них наблюдалось двоение и у 4х – ФСП. Неустойчивую АКС, чередующуюся с ФСП под СУ=0° наблюдали у 20 пациентов, из них 15 человек имели устойчивое бифовеальное слияние под ОУ≠0° и еще 5 человек – неустойчивое бифовеальное слияние, чередующееся с ФСП под ОУ≠0°. Таким образом, более детальное обследование показало возможность формирования АКС при с ФСП и при с НКС под ОУ неравным нулю.

На следующем этапе работы исследовали КС с ТБК (растровое разделение полей зрения) и ТБМ (анаглифное разделение полей зрения) в условиях призмной компенсации угла косоглазия (под ОУ) и без призмной компенсации (под СУ=0°). В условиях призмной компенсации (создающей условия для исследования под ОУ) как с ТБК так и с ТБМ регистрировали следующие варианты зрительных впечатлений у пациентов общей группы: 1) бинокулярное зрение устойчивое; 2) бинокулярное зрение, чередующееся с двоением; 3) двоение; 4) чередование двоения с с регионарной ФСП; 5) устойчивая регионарная ФСП; 6) монокулярное зрение.

Для анализа возможных сочетаний вариантов КС под ОУ на синоптофоре и в условиях призмной компенсации угла косоглазия с ТБК и ТБМ была построена таблица сопряженности (табл. 11).

Таблица 11 – Сочетания вариантов КС под ОУ на синоптофоре и в условиях призмной компенсации угла косоглазия с ТБК и с ТБМ у пациентов с косоглазием (n=240)

КС с МТБ и КТБ под ОУ		КС под ОУ на синоптофоре, абсолютное число детей			
		НКС (n=67)	НКС ↔ ФСП (n=98)	ФСП (n=64)	Двоение (n=11)
Бинокулярное зрение устойчивое	МТБ	66	22	1	-
	КТБ	55	29	3	-
Бинокулярное зрение ↔ двоение	МТБ	1	16	-	-
	КТБ	11	14	-	-
Двоение	МТБ	-	7	4	11
	КТБ	-	6	4	11
Регионарная ФСП ↔ двоение	МТБ	-	14	-	-
	КТБ	-	5	-	-
Регионарная ФСП ↔ бинокулярное зрение	МТБ	1	37	5	-
	КТБ	-	31	4	-
Регионарная ФСП	МТБ	-	2	31	-
	КТБ	-	3	10	-
Тотальная ФСП	МТБ	-	-	23	-
	КТБ	-	10	43	-

Примечания: ОУ – объективный угол косоглазия, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, АКС – аномальная корреспонденция сетчаток

Было установлено, что большинство из 67 пациентов с НКС под ОУ на синоптофоре имели и бинокулярное зрение с тестами МТБ и КТБ.

Среди 98 детей, имевших под $ОУ \neq 0^\circ$ на синоптофоре бифовеальное слияние, чередующееся с регионарной ФСП, устойчивое бинокулярное зрение отмечали у 22 детей при исследовании МТБ и 29 детей – КТБ. Вероятно, имели значение более мягкие условия разделения полей зрения по сравнению с синоптофором.

Нужно отметить, что тотальная ФСП выявлялась в два раза чаще с КТБ, чем с МТБ (43 пациента против 23). Из 43 пациентов с тотальной ФСП по КТБ 20 пациентов видели концы полоски, середина которой «выпадала» из поля зрения (т.е. у них была выявлена регионарная ФСП). Полагаем, что при исследовании с КТБ этим пациентам трудно было уловить наличие концов светящихся «лучей» от источника света.

Без компенсации девиации призмами (под $СУ=0^\circ$) в общей группе при исследовании как с КТБ, так и с МТБ были зарегистрированы следующие варианты восприятия: 1) бинокулярное слияние (при $ОУ=СУ=0^\circ$); 2) диплопия; 3) ФСП регионарная; 4) чередование двоения и регионарной ФСП; 5) чередование АКС с ФСП – чередование видения целого изображения при наличии девиации (АКС) и восприятия только одного из изображений (ФСП); 6) устойчивая АКС; 7) тотальная ФСП (монокулярное зрение).

В большинстве случаев результаты исследования КС под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре совпадали с результатами исследования КТБ и МТБ без призмной компенсации угла косоглазия.

Выявленная у 38 детей под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре устойчивая ФСП проявлялась в виде регионарной ФСП у 19 пациентов с ТБМ и у 18 пациентов с ТБК, и в виде монокулярного зрения (тотальной ФСП) у 19 пациентов при исследовании с ТБМ и у тех же 19 пациентов с ТБК. У одного пациента с $ОУ=СУ=0^\circ$, имевшего ФСП на синоптофоре, имело место бинокулярное зрение в ТБК.

Заметим, что у 18 из 76 пациентов с двоением под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре наблюдали бинокулярное зрение в ТБК и у одного пациента – как с ТБК, так и с ТБМ. Эти пациенты имели ортотропию в естественных условиях наблюдения и небольшой (до 5°) ОУ при измерении на синоптофоре. Все пациенты с АКС под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре имели аналогичные результаты при исследовании с ТБК и ТБМ (табл. 12).

Таблица 12 – Сочетания вариантов КС под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре и при исследовании с ТБК и с ТБМ без призменной компенсации угла косоглазия (под СУ) у детей с косоглазием (n=240)

КС с МТБ и КТБ под СУ		КС под $СУ=0^\circ$ на синоптофоре, абсолютное число детей					
		НКС (n=12)	Двоение (n=76)	ФСП (n=38)	ФСП ↔ двоение (n=79)	АКС ↔ ФСП (n=20)	АКС (n=15)
НКС (ОУ=СУ=0°)	МТБ	12	1	-	2	-	-
	КТБ	12	18	1	11	-	-
Двоение	МТБ	-	73	-	-	-	-
	КТБ	-	56	-	-	-	-
Регионарная ФСП ↔ двоение	МТБ	-	-	19	-	-	-
	КТБ	-	-	18	-	-	-
Регионарная ФСП ↔ двоение	МТБ	-	-	-	75	-	-
	КТБ	-	-	-	66	-	-
АКС ↔ регионарная ФСП	МТБ	-	-	-	-	20	-
	КТБ	-	-	-	-	20	-
АКС устойчивая	МТБ	-	-	-	-	-	15
	КТБ	-	-	-	-	-	15
Тотальная ФСП	МТБ	-	2	19	2	-	-
	КТБ	-	2	19	2	-	-

Примечания: ОУ – объективный угол косоглазия, СУ – субъективный угол косоглазия, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, АКС – аномальная корреспонденция сетчаток

Таким образом, полученные данные демонстрируют, что для правильного сравнения результатов оценки корреспонденции сетчаток, проводимой разными методами необходимо соблюдать единых принципов проецирования изображений на центральные и на периферические зоны сетчаток парных глаз.

Такой подход обеспечивает правильную интерпретацию полученных результатов учитывая влияние различных (механических, анаглифных и растровых) принципов разделения полей зрения.

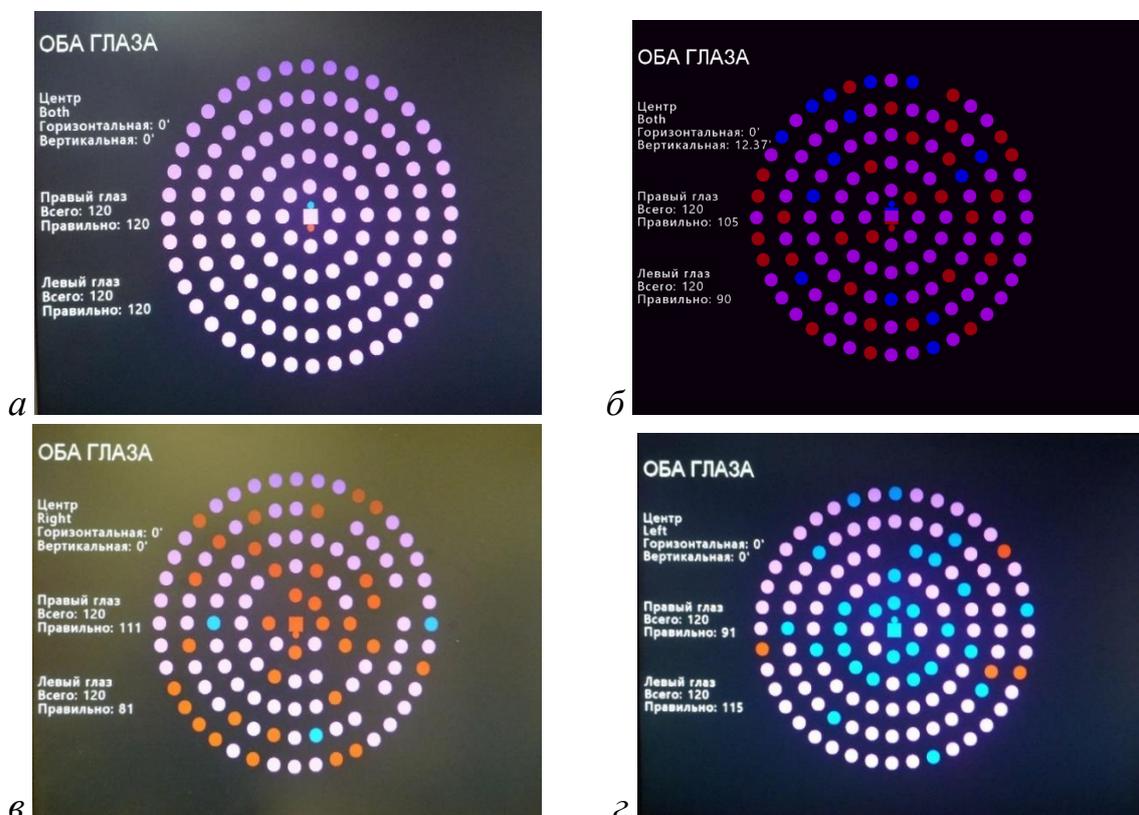
3.1.4 Результаты апробации разработанной компьютерной программы «Скотома» для качественной и количественной оценки функциональной скотома подавления у детей с содружественным косоглазием

Для реализации разработанного нами способа диагностики ФСП в условиях анаглифного разделения полей зрения была создана специальная программа «Скотома» компьютерного программного комплекса СКАБ (**Патент №2645415 РФ от 21.02.2018**). Исследование ФСП у пациентов с аметропией предусматривает использование оптимальной оптической коррекции, а при наличии угла косоглазия – его призмной компенсации. Для анаглифного разделения полей зрения перед правым глазом пациента помещают красный светофильтр, а перед левым – синий.

На первом этапе исследования пациенту в центре экрана монитора предъявляют бинокулярный тест-объект, состоящий из центрального лилового квадратика (размером 15x15 мм) с верхним красным кружком (7мм в диаметре) и нижним синим кружком. При успешном бифовеальном слиянии пациент воспринимает зрительный образ, состоящий из одного центрального квадратика преимущественно красного цвета или преимущественно синего цвета или с альтернирующей сменой красного и синего цветов. При этом над общим (фузируемым) квадратиком пациент видит красный кружок и под квадратиком – синий кружок. Красный и синий кружки являются «метками» для правого и левого глаза. При наличии функционального торможения зрительной информации от правого или от левого глаза пациент воспринимает изображение либо только синего, либо только красного объекта. В случае диплопии пациент видит и синий и красный объекты, но на расстоянии друг от друга. По результатам этого этапа диагностики делают выводы о характере

взаимоотношений зрительной информации от правого и левого глаза (диплопия, бифовеальное слияние, супрессия) в центральном поле зрения.

На следующем этапе пациент должен фиксировать взглядом центральный тест-объект и отмечать (нажимая на кнопку мышки компьютера) появление дополнительных периферических тест-объектов (диаметр тестового поля = 30 градусов при наблюдении с 70 см). Периферические тест-объекты представляют собой кружки диаметром 15 мм. Они появляются по одному в разных точках экрана в случайном порядке. Цвет кружков (красный или синий) меняется в случайном порядке. Длительность предъявления каждого периферического тест-объекта составляет 2 с. Всего используется 120 красных (для одного глаза) и 120 синих (для другого глаза) периферических кружков. Карта тестирования заполняется автоматически в виде изображения с обозначениями зафиксированных и пропущенных тест-объектов. Для количественной оценки результатов учитывается количество пропущенных тест-объектов (рис. 21).



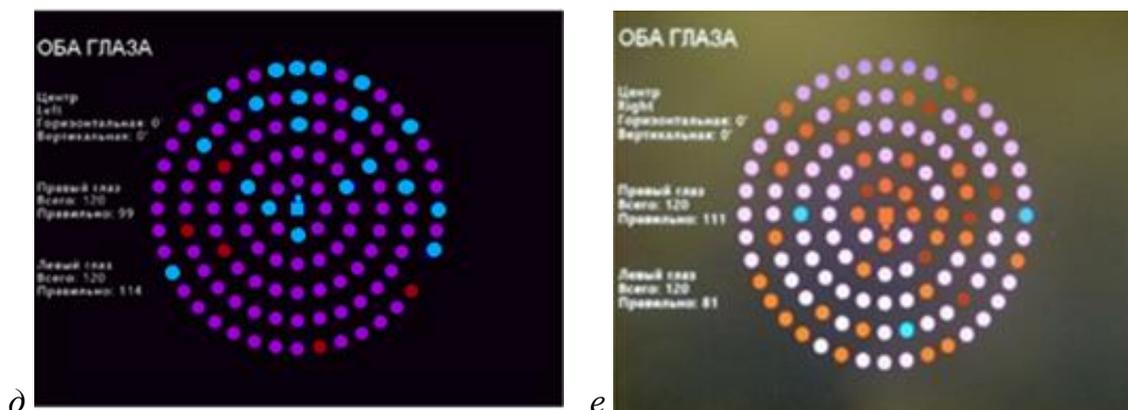


Рисунок 21 – Карты тестирования: *а* – испытуемого без офтальмопатологии; *б* – пациента с альтернирующим косоглазием; *в* – пациента с монолатеральным сходящимся косоглазием OS; *г* – пациента с монолатеральным сходящимся косоглазием OD; *д* – пациента с монолатеральным расходящимся косоглазием OS; *е* – пациента с монолатеральным расходящимся косоглазием OD

Результаты апробации программы «Скотома»

Исследование проводили в группе 240 детей с содружественным косоглазием (190 детей со сходящимся и 50 – с расходящимся) и в контрольной группе 180 детей без офтальмопатологии (клинические характеристики групп представлены в разделе 2.2.).

На первом этапе апробации программы «Скотома» исследовали ее возможности **качественной оценки** ФСП. Для этого определяли способность к бифовеальному слиянию центральных элементов изображения в условиях анаглифного разделения полей зрения под ОУ (призмной компенсации угла косоглазия при его наличии).

В группе детей с косоглазием результаты исследования корреспонденции сетчаток при помощи программы «Скотома» и ТБМ, полученных в одинаковых – анаглифных условиях разделения полей зрения – полностью совпали. (табл. 13).

Таблица 13 - Сочетания вариантов зрительного восприятия под ОУ на синоптофоре, с ТБМ и при помощи компьютерной программы «Скотома» у детей с косоглазием (n=240)

КС с МТБ и программой «Скотома»		КС под ОУ на синоптофоре, абсолютное число детей			
		НКС (n=67)	НКС ↔ ФСП (n=98)	ФСП (n=64)	Двоение (n=11)
НКС	МТБ	55	22	1	-
	«Скотома»	55	22	1	-
НКС ↔ двоение	МТБ	11	16	-	-
	«Скотома»	11	16	-	-
Двоение	ТБМ	-	7	4	11
	«Скотома»	-	7	4	11
Регионарная ФСП ↔ двоение	МТБ	-	14	-	-
	«Скотома»	-	4	-	-
Регионарная ФСП ↔ бифовеальное слияние	МТБ	1	37	7	-
	«Скотома»	1	37	7	-
Регионарная ФСП	МТБ	-	2	29	-
	«Скотома»	-	2	29	-
Тотальная ФСП	МТБ	-	-	23	-
	«Скотома»	-	-	23	-

Примечания: ОУ – объективный угол косоглазия, СУ – субъективный угол косоглазия, НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления

У всех детей группы контроля наблюдали устойчивое бифовеальное слияние при исследовании тремя способами – при помощи синоптофора, ТБМ и программы «Скотома».

Чувствительность и специфичность программы «Скотома» в диагностике ФСП рассчитывали согласно теореме Байеса для условных вероятностей (см. раздел 2.5.). Истинно положительным считали результат, при котором ФСП, выявленная с программой «Скотома», было подтверждено на синоптофоре. Ложноположительным – результат, при котором ФСП, выявленная с программой «Скотома», не была подтверждена на синоптофоре. Ложноотрицательным – результат, при котором ФСП, выявленная на

синоптофоре, не подтверждала программа «Скотомы». Истинно отрицательным – результат, при котором ФСП не была обнаружена обоими методами. Определяли также прогностическую значимость положительного результата (ПЗР+), и прогностическую значимость отрицательного результата (ПЗР-).

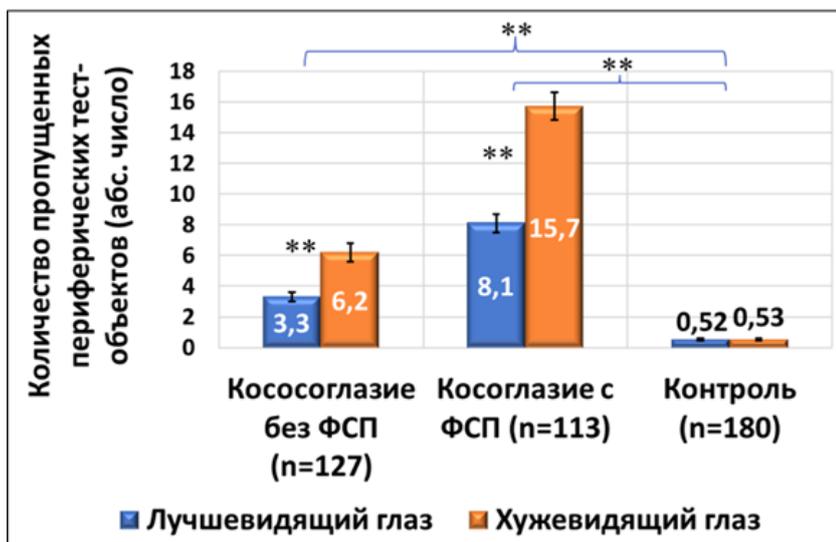
В общей группе, включавшей 420 детей (240 детей с косоглазием и 180 детей без офтальмопатологии): положительный результат = 112 (46,7%) детей; Отрицательный результат = 257 (61,2%) детей; ложноположительный результат = 1 (0,24%) детей; ложноотрицательный результат = 50 (11,9%) детей; чувствительность = 69,1%; **специфичность = 99,6%**; ПЗР+ = 69,1%; ПЗР- = 99,6%.

Разница в количестве пациентов с ФСП на синоптофоре и с программой «Скотомы», очевидно, объясняется тем, что анаглифное разделение ПЗ является более приближенным к естественным условиям наблюдения по сравнению с механическим.

На следующем этапе апробации исследовали возможности **количественной оценки** размера ФСП у детей с содружественным косоглазием при помощи программы «Скотомы». Для этого определяли количество пропущенных периферических тест-объектов в бинокулярных и монокулярных условиях наблюдения.

Для более детального анализа дети с содружественным косоглазием были разделены по результатам качественной оценки ФСП на две группы 1) 127 детей (254 глаза) без ФСП (97 детей со сходящимся косоглазием и 30 детей – с расходящимся); 2) 113 детей (226 глаз) с наличием ФСП (93 ребенка со сходящимся косоглазием и 20 детей с расходящимся). Кроме наличия или отсутствия ФСП эти группы отличались остротой зрения: в 1-й группе острота зрения лучшевидящего глаза (ЛВГ) составляла $0,89 \pm 0,01$, хужевидящего глаза (ХВГ) $0,77 \pm 0,02$; во 2-й группе острота зрения ЛВГ составляла $0,83 \pm 0,02$, ХВГ – $0,57 \pm 0,02$. В 1-й группе амблиопия высокой степени наблюдалась только у 1го (0,8%) ребенка, средней степени – у 6 (4,7%) детей и слабой степени – у 66

(52%). Во 2-й группе амблиопию высокой степени наблюдали у 6 (5,3%) детей, средней степени – у 20 (17,7%) и слабой степени – у 67 (59,3%) детей. Группу контроля составили 180 детей без офтальмопатологии (клинические характеристики группы см. в разделе 2.2.). Результаты исследования представлены на рисунке (рис. 22).



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 22 – Количество пропущенных периферических тест-объектов у детей с косоглазием и контрольной группы

Выявлена достоверная разница количества пропущенных тест-объектов в бинокулярных условиях наблюдения для ЛВГ и ХВГ в обеих группах детей с косоглазием. В монокулярных условиях наблюдения достоверная разница показателей для ЛВГ и для ХВГ выявлена только во 2-й группе детей с косоглазием, что соответствует большей разнице в остроте зрения ЛВГ и ХВГ у этих детей. В контрольной группе показатели ЛВГ и ХВГ в бинокулярных и монокулярных условиях наблюдения совпадали.

При сравнении средних показателей в разных группах установили, что наибольшее количество пропущенных тест-объектов для ЛВГ и ХВГ наблюдали во 2-й группе, что отражало более выраженное торможение по сравнению с 1-й группой. Достоверная разница показателей 1-й группы от контроля свидетельствовала о надежности разработанного метода для

количественной оценки ФСП. Не выявлено достоверной разницы показателей в монокулярных условиях 1-й и контрольной группы, показатели 2-й группы превышали результаты 1-й и контрольной групп. Результаты могли указывать на более глубокое торможение зрительной информации от косящего глаза, проявляющееся у некоторых детей не только в бинокулярных, но и в монокулярных условиях. Подтверждением служит большее количество пациентов с амблиопией средней и высокой степени во 2-й группе (табл. 14).

Таблица 14 - Статистическая значимость разницы результатов при сравнении между группами детей в различных условиях наблюдения (по t-критерию для независимых выборок)

Глаза	Пары сравниваемых групп		
	1-2	1-3	2-3
Бинокулярные условия			
ЛВГ	t=6,7 df 238, p<0,001	t=7,7 df 305, p<0,001	t=11,9 df 291, p<0,001
ХВГ	t=8,7 df 238, p<0,001	t=9,5 df 305, p<0,001	t=16,7 df 291, p<0,001
Монокулярные условия			
ЛВГ	t=5,8 df 238, p<0,001	t=1,6 df 305, p=0,1	t=4,5 df 291, p<0,001
ХВГ	t=6,2 df 238, p<0,001	t=0,034 df 305, p=0,97	t=6,5 df 291, p<0,001

Кроме количества пропущенных тест-объектов, индивидуальные карты бинокулярного поля зрения демонстрируют еще и их пространственное расположение. Конфигурация «пустых» зон (отсутствие восприятия тест-объекта правым и левым глазом) и зон доминирования того или другого глаза, а также их расположение в бинокулярном поле зрения при косоглазии отличалась разнообразием. Зоны пропусков периферических тест-объектов чаще имели вид небольших островков, «перемешанных» с зонами отсутствия доминирования одного из глаз (тест-объекты, отмеченные на картах лиловым цветом). Пространственное расположение зон пропусков периферических тест-объектов было нестабильным и могло меняться при повторных измерениях (в отсутствии лечения) несмотря на то, что способность к бифовеальному

слиянию оставалась неизменной и общее количество пропущенных периферических тест-объектов различалось незначительно (не более чем на 2-3). Наши наблюдения согласуются с данными других авторов, указывающих на трудности определения границ ФСП вследствие сложности формы и на нестабильность зон функционального торможения [242, 196]. Возможным объяснением является разная степень глубины функционального торможения в разных зонах бинокулярного поля зрения [181]. Исходя из этого, можно предположить, что каждый участок зоны функционального торможения имеет свои пространственно-временные характеристики, зависящие от глубины торможения и обладающие большой вариабельностью. Общей тенденцией является более глубокое торможение в зоне макулярной ФСП по сравнению с относительно периферическими зонами бинокулярного поля зрения. При этом постепенное уменьшение глубины торможения от центральной зоны к периферии может объяснить затруднения, возникающие при попытках определить размер и форму зоны ФСП.

Мы провели корреляционный анализ размеров и глубины торможения при регионарной или тотальной ФСП, полученных при использовании ТБМ (по критерию Спирмена) в группе детей (54 пациента). Выявлена сильная положительная связь между длительностью монокулярных фаз альтернирующего предъявления стимулов, необходимой для устранения ФСП, и количеством пропущенных периферических тест-объектов ($r = 0,94$, $p < 0,001$ для ЛВГ и $r = 0,93$, $p < 0,001$ для ХВГ).

Таким образом, оба разработанных метода (ТБМ и программа «Скотомат») позволяют осуществлять количественную оценку ФСП в условиях анаглифного разделения полей зрения, характеризуя разные, но взаимосвязанные аспекты этого явления. При этом **временные показатели** глубины функционального торможения, определяемые при помощи ТБМ, **необходимы для выбора оптимального лечебного режима** альтернирующего предъявления стимулов в тренировочных компьютерных программах, а **пространственные**

характеристики, получаемые с помощью программы «Скотом», позволяют осуществлять мониторинг состояния бинокулярного зрения.

3.1.5 Разработанный способ исследования парадоксальной монокулярной фузии

Для разработки информативного и надежного способа диагностики парадоксальной монокулярной фузии (ПМФ) использовали известный прибор АВИЗ-01 (бинариметр), предназначенный для диагностики и функциональной коррекции бинокулярных зрительных функций в бинокулярных условиях наблюдения. Мы использовали прибор по новому назначению – для выявления ПМФ в монокулярных условиях наблюдения с предъявлением двойных изображений исследуемому глазу (второй глаз прикрыт непрозрачной заслонкой).

При проведении исследования голову пациента фиксировали на подбороднике бинариметра, расстояние от глаза пациента до тест-объектов составляло 25 см, а расстояние между тест-объектами на прозрачных пластинках меняли при помощи раздвижного устройства, измеряя его по шкале каретки. В качестве тест-объектов использовали кружки диаметром 1,5 см каждый с центральной зоной серого цвета с разным уровнем светлоты на правом и на левом кружке. Правый кружок имел зеленую маркировочную полосу сверху, левый – красную маркировочную полосу снизу (рис. 23).

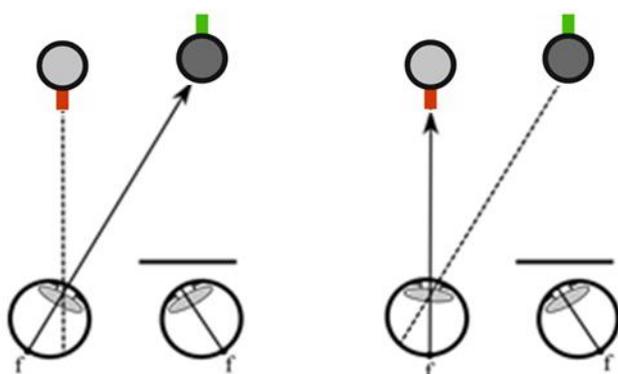


Рисунок 23 - Схема проекций фиксируемого и нефиксируемого тест-объектов на сетчатку косящего глаза: f – фовеа, стрелка указывает направление взгляда

При фиксации одного из стимулов, его проекция соответствовала центральной зоне сетчатки, а проекция нефиксируемого стимула – периферической зоне.

На следующем этапе у пациентов с выявленной в монокулярных условиях ПМФ, проводили дополнительное исследование ее проявлений в бинокулярных условиях по стандартной методике слияния двойных изображений для получения бинокулярного зрительного образа на бинариметре.

Результаты исследования парадоксальной монокулярной фузии

По результатам обследования 240 детей с содружественным косоглазием (190 со сходящимся и 50 – с расходящимся) выделили 44 пациента (18,3%) в возрасте от 9 до 17 (в среднем $14,2 \pm 0,4$) лет с парадоксальной монокулярной фузией (ПМФ). Группа с ПМФ включала 17 мальчиков и 27 девочек. Со сходящимся косоглазием было 28 детей, расходящимся - 16 детей. Альтернирующее косоглазие наблюдали у 27 детей и монолатеральное – у 17. У всех детей содружественное косоглазие являлось непостоянным.

Шесть детей с непостоянным сходящимся косоглазием не были оперированы, 22 ребенка оперированы в разном возрасте (девять – в возрасте 5-7 лет, двое – в возрасте 9-10 лет и один – в 14 лет). У семи детей с непостоянным расходящимся косоглазием оно было оперированным (в пяти случаях в возрасте 6-7 лет, в двух – в 10 лет), у шести детей – расходящееся косоглазие сформировалось из оперированного сходящегося (пять детей прооперированы в возрасте 6-7 лет, один ребенок - в 14 лет). У трех детей наблюдали непостоянное неоперированное расходящееся косоглазие. Рефракция была гиперметропической у 31 ребенка, миопической – у восьми детей, у одного ребенка выявлялась – эмметропия и у четырех – смешанный астигматизм.

Ортотропия, достигнутая в результате хирургического лечения или оптимальной оптической коррекции наблюдалась у 13 детей. Величина

непостоянной экзотропии у девяти детей составляла 5° и у семи детей - 10° . Величина непостоянной эзотропии у пяти детей составляла 5° , у одного - 7° и у девяти детей - 10° . При этом косящий глаз отклонялся непостоянно, но на определенную величину. У пациентов со сходящимся косоглазием ПМФ проявлялась при «перекрестной» монокулярной фиксации, когда, например, косящий левый глаз фиксировал правый тест-объект, а правый глаз был прикрыт заслонкой. Проекция нефиксируемого левого тест-объекта попадала при этом на носовую половину сетчатки левого глаза. В случаях косящего правого глаза эффекты ПМФ проявлялись при монокулярной фиксации (левый глаз прикрыт заслонкой) левого тест-объекта, когда проекция нефиксируемого правого тест-объекта также попадала на носовую половину сетчатки. В том случае, когда косящий глаз фиксировал тест-объект на «своей» стороне (косящий левый глаз фиксировал левый тест-объект либо косящий правый глаз фиксировал правый тест-объект) – проявлений ПМФ не наблюдали.

При исследовании корреспонденции сетчаток на синоптофоре АКС под $СУ=0^\circ$ выявлена у 31 ребенка. Из них у 11 детей АКС была устойчивой в сочетании с двоением под ОУ; у 5 детей неустойчивая АКС (чередующаяся с ФСП) сочеталась с неустойчивой НКС (чередующаяся с ФСП) под ОУ; у 15 детей АКС сочеталась с НКС с фузионными резервами под ОУ (мы назвали такое явления смешанной корреспонденцией сетчаток (СКС)). У остальных 13 детей под $ОУ=СУ=0^\circ$ наблюдали НКС с фузионными резервами. Во всех случаях фузионные резервы были небольшими: $1,9\pm 0,2^\circ$ для отрицательных резервов и $3,1\pm 0,2^\circ$ для положительных резервов.

Характер зрения по четырехточечному цветотесту (без призмной компенсации) у 11 детей с устойчивой АКС на синоптофоре был асимметричным бинокулярным, у 13 детей, имевших НКС с фузионными резервами под $ОУ=СУ=0^\circ$ на синоптофоре, – устойчивым бинокулярным и еще у 20 детей – неустойчивым бинокулярным, чередующимся с одновременным. У

пяти детей с бинокулярным характером зрения обнаруживали стереозрение по Fly-test. Lang-test был отрицательным у всех пациентов.

У пациентов с расходящимся косоглазием ПМФ наблюдали только при фиксации тест-объекта на «своей» стороне (при этом проекция нефиксируемого тест-объекта попадала на височную половину сетчатки). В условиях «перекрестной» монокулярной фиксации тест-объектов (когда проекция тест-объекта попадала на носовую половину сетчатки) ПМФ не наблюдали.

У 14 пациентов (7 детей, 11 глаз) со сходящимся косоглазием и семи детей (13 глаз) с расходящимся косоглазием ПМФ проявлялась в восприятии дополнительной вертикальной маркировочной полоски и эффекта блеска только на нефиксируемом кружке (рис. 24).

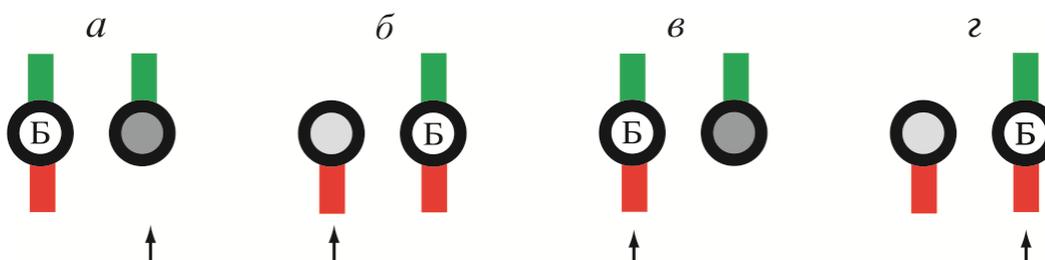


Рисунок 24 – Варианты воспринимаемых зрительных образов пациентами с ПМФ: мнимая маркировочная полоска появляется только на нефиксируемом тест-объекте (а, б) или только на фиксируемом тест-объекте (в, г). Обозначение Б – эффект блеска

Дети со сходящимся косоглазием в условиях «перекрестной» монокулярной фиксации (либо правый глаз фиксирует левый тест-объект, либо левый глаз фиксирует правый тест-объект) воспринимали блеск на нефиксируемом кружке и, наряду с реальной вертикальной маркировочной полоской, воспринимали дополнительную мнимую вертикальную полоску, которая соответствовала по расположению и цвету реальной полоске фиксируемого тест-объекта. Дети с расходящимся косоглазием также воспринимали дополнительную мнимую маркировочную полоску на нефиксируемом тест-объекте, которая соответствовала по расположению и цвету реальной маркировочной полоске фиксируемого тест-объекта, в

условиях, когда проекция нефиксируемого изображения попадала на височную половину сетчатки косящего глаза. ПМФ в виде эффекта блеска и мнимой дополнительной маркировочной полосы только на фиксируемом кружке наблюдали у четырех детей со сходящимся косоглазием и у трех детей с расходящимся косоглазием. Шесть детей воспринимали дополнительную мнимую маркировочную полосу, расположение и цвет которой соответствовал реальной маркировочной полоске нефиксируемого тест-объекта, а у одного пациента цвет мнимой верхней полосы на фиксируемом кружке соответствовал цвету того же кружка, т.е. пациент воспринимал на фиксируемом кружке две одинаковые красные маркировочные полосы (мнимую верхнюю и реальную нижнюю) и одну верхнюю зеленую полосу на нефиксируемом кружке.

Одновременное наличие эффекта блеска и дополнительных мнимых маркировочных полосок на обоих кружках наблюдали 11 пациентов – девять детей со сходящимся косоглазием и трое – с расходящимся. У всех лиц положение мнимой полосы на фиксируемом кружке соответствовало нефиксируемому тест-объекту, а ее цвет «подстраивался» под цвет маркировочной полосы фиксируемого тест-объекта. Например, при фиксации правого кружка с верхней зеленой полоской пациенты воспринимали кружок с двумя полосками (с реальной верхней и мнимой нижней) зеленого цвета, а на нефиксируемом кружке видели мнимую верхнюю зеленую полосу и реальную нижнюю красную (рис. 25, *а*). Если косящий глаз фиксировал левый кружок с нижней красной полоской – пациент воспринимал фиксируемый кружок с 2 красными (реальной нижней и мнимой верхней) полосками, а на нефиксируемом тест-объекте воспринимал 1 полосу красного цвета, а другую – зеленого (рис. 25, *б*). Все эти пациенты воспринимали эффект блеска на серых дисках обоих кружков.

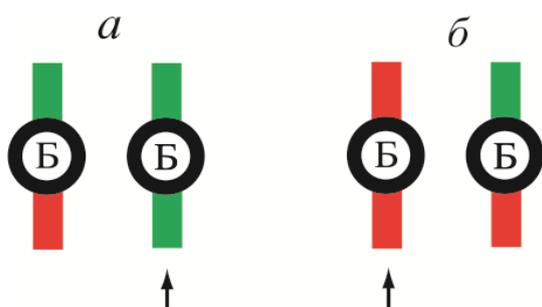


Рисунок 25 – Варианты воспринимаемых зрительных образов пациентами с ПМФ: мнимая маркировочная полоска появляется как на фиксируемом, так и на нефиксируемом тест-объектах

Наиболее интересные проявления ПМФ наблюдали у 4-х пациентов с монолатеральным сходящимся косоглазием и одного с монолатеральным расходящимся. Эти пациенты в монокулярных условиях воспринимали дополнительный мнимый третий тест-объект (рис. 26). Двое пациентов со сходящимся монолатеральным косоглазием правого глаза, фиксируя косящим глазом левый кружок с нижней красной полоской, воспринимали наряду с двумя реальными тест-объектами расположенный между ними дополнительный мнимый тест-объект в виде кружка с двумя маркировочными полосками – нижней красной и верхней зеленой (рис. 26, а). Два других пациента с монолатеральным сходящимся косоглазием левого глаза, фиксируя левым глазом правый кружок с верхней зеленой полоской также воспринимали дополнительный мнимый тест-объект, но расположенный с левой стороны от левого кружка, «дублируя» его по своему виду. Эти пациенты воспринимали одновременно фиксируемый правый кружок с верхней зеленой полоской и два нефиксируемых кружка (реальный и мнимый) с нижней красной полоской (рис. 26, б). Пациент с расходящимся косоглазием правого глаза, фиксируя косящим глазом правый кружок, воспринимал изображение, состоящее из фиксируемого правого кружка с верхней зеленой полоской, нефиксируемого левого кружка с нижней красной полоской и дополнительный мнимый кружок с верхней зеленой и нижней красной маркировочными полосками (рис. 26, в).

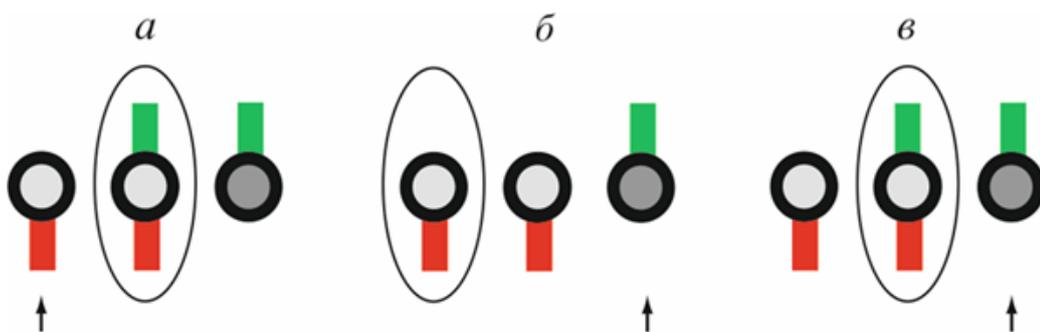


Рисунок 26 – Варианты расположения дополнительного мнимого образа у пациентов с ПМФ. Показаны случаи, когда фиксируемым является левый тест-объект (а), и правый тест-объект (б). Дополнительный мнимый образ обведен линией

У остальных трех детей со сходящимся и трех детей с расходящимся косоглазием ПМФ проявлялась в виде блеска на нефиксируемом кружке без мнимых маркировочных полосок. Заметим, эффекты ПМФ при монокулярной фиксации одного из тестовых изображений возникали при таких расстояниях между двумя тест-объектами, а также тест-объектами и глазом пациента, при которых расчетный угол, образуемый центрами тест-объектов и узловой точкой глаза соответствовал величине его угла косоглазия. Так, например, у всех пациентов с углом косоглазия (как сходящимся, так и расходящимся) в 10° при фиксации одного из тест-объектов в 25 см от глаза, ПМФ наблюдали в тот момент, когда расстояние между центрами фиксируемого и нефиксируемого изображения составляло 40-50 мм, а у пациентов с углом девиации $5-7^\circ$ – при расстоянии 25-30 мм.

При исследовании на бинариметре в бинокулярных условиях все 44 пациента с ПМФ были способны к слиянию двойных изображений и восприятию бинокулярного зрительного образа (БЗО). Все они отмечали наличие феномена блеска на сером диске бинокулярного зрительного образа, что соответствовало проявлениям нормального бинокулярного слияния тест-объектов. При этом 12 из них в бинокулярных условиях воспринимали наличие дополнительных мнимых маркировочных полосок не только на БЗО, но и на одном из боковых кружков (7 человек) (рис. 27, а, б), или на всех трех кружках

(3 человека) (рис. 27, в). Кроме того, у 1 пациента со сходящимся косоглазием и у одного с расходящимся косоглазием наблюдали появление еще одного дополнительного мнимого кружка с верхней и нижней маркировочными полосками (рис. 27, з).

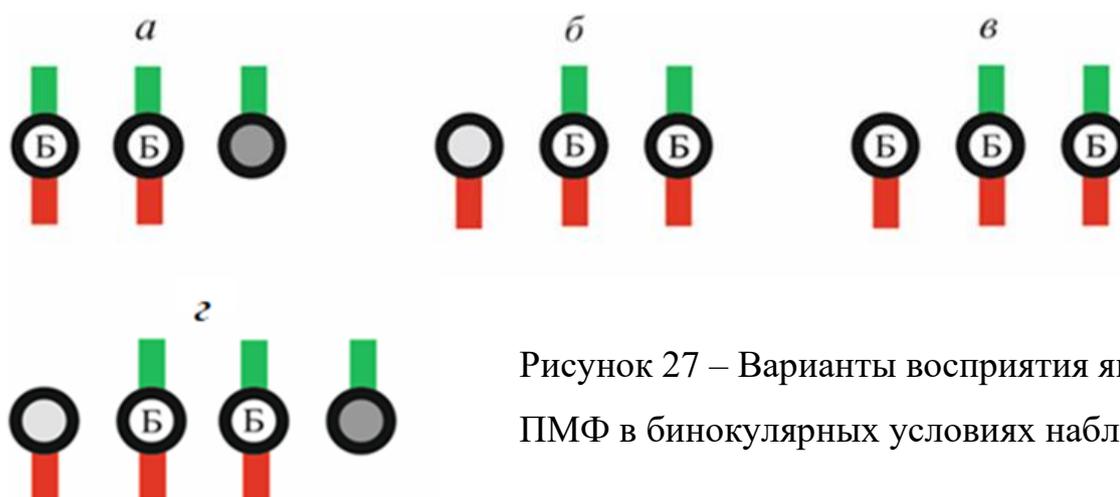


Рисунок 27 – Варианты восприятия явлений ПМФ в бинокулярных условиях наблюдения:

- а) восприятие дополнительной мнимой вертикальной зеленой полоски над левым кружком и блеска его центрального диска;
- б) восприятие дополнительной мнимой вертикальной красной полоски под правым кружком и блеска его центрального диска;
- в) восприятие блеска центрального диска и дополнительных маркировочных полосок на правом и левом кружках;
- г) восприятие между реальными тест-объектами 2х мнимых зрительных образов с эффектом блеска центрального диска и дополнительными вертикальными полосками

Разработанный нами способ исследования парадоксальной монокулярной фузии, характеризующей патологическую ретинокортикальную связи и препятствующей развитию устойчивого бифовеального слияния, позволяет диагностировать это явление у детей с косоглазием и разработать рациональную тактику лечения.

3.1.6 Оптимизация методики исследования оптической коррекции, остроты зрения и аккомодации под контролем бификсации

Для расширения диагностических возможностей классического аппарата АВИЗ-01 (бинариметра) мы разработали собственные качественные и количественные экспертные критерии диагностики остроты зрения, оптимальной оптической коррекции и аккомодации на разных расстояниях от глаз (0,5, 1,0 и 5,0 м) под контролем бификсации.

В работе применяли таблицы, созданные в ИППИ РАН с учетом разных расстояний от пациента (0,5, 1,0 и 5,0 м) [101]. В качестве оптотипов использовали знаки Снеллена (tumbling E) в четырех ориентациях. Максимальное значение остроты зрения в таблицах составляло 2,0.

В условиях монокулярного наблюдения (второй глаз прикрывали заслонкой) определяли монокулярную остроту зрения с оптимальной оптической коррекцией для каждого глаза и объем абсолютной аккомодации (ОАА).

Оптимальную оптическую коррекцию для каждого расстояния (0,5, 1 и 5 м) определяли по минимальной силе отрицательной линзы и максимальной силе положительной линзы, при которых монокулярная острота зрения была самой высокой.

ОАА для каждого расстояния оценивали, последовательно прибавляя к установленной ранее оптимальной оптической коррекции отрицательные, а затем положительные линзы, увеличивая их силу до потери четкости видения оптотипов, соответствующих остроте зрения 0,7. ОАА оценивали по разнице между максимальными значениями положительной и отрицательной линзы.

В бинокулярных условиях оценивали оптимальную оптическую коррекцию, бинокулярную остроту зрения с оптимальной оптической коррекцией и объем относительной аккомодации (ООА) под контролем бинокулярного зрительного образа (БЗО). Для этого использовали прозрачные пластинки с круглыми с обведенным краем отверстиями диаметром 1,5 см. В

качестве различающихся деталей для правой окружности была верхняя полоска, для левой – нижняя. Расстояние между пластинками регулировали винтом каретки, которую устанавливали на расстоянии 15 см от глаз ребенка. Его задачей было смотреть через отверстия в пластинках вдаль. Врач, плавно меняя расстояние между пластинками и, соответственно центрами отверстий в них, старался найти расстояние, при котором у ребенка происходило слияние двойных изображений и возникал бинокулярный зрительный образ (БЗО), который представлял собой единый кружок с верхней и нижней маркировочными полосками. Следующая задача ребенка была – оценить удаленность БЗО по отношению к кольцу, расположенному на шкале прибора дальше каретки, на расстоянии 50 см от глаз ребенка. Затем находили такое расстояние между пластинками, при котором БЗО оценивался ребенком как совпадающий с фронтальной плоскостью кольца. После этого вместо кольца на том же расстоянии от глаз устанавливали таблицу для проверки остроты зрения и просили ребенка называть оптоотипы в таблице, которые показывал врач, стараясь удержать БЗО. В случае нарушения бификсации оптоотипов у ребенка возникало впечатление, что БЗО раздваивается (рис. 28).

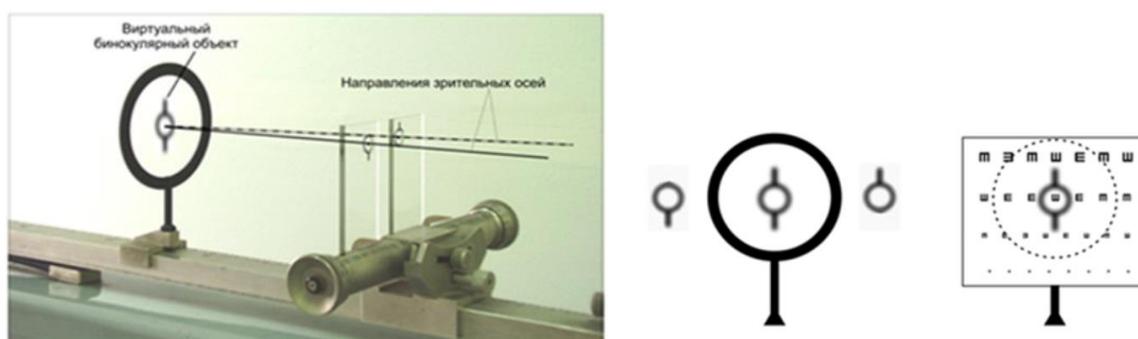


Рисунок 28 - Схематичное изображение процедуры определения остроты зрения под контролем БЗО

Аналогичное исследование повторяли для расстояний 1,0 и 5,0 м, используя соответствующие таблицы.

Оптимальную оптическую коррекцию под контролем БЗО определяли по минимальной силе отрицательных линз, обеспечивающих наиболее высокую

бинокулярную остроту зрения и максимальной силе положительных линз, обеспечивающих наиболее высокую бинокулярную остроту зрения.

Объем относительной аккомодации (ООА) определяли под контролем бификсации, добавляя к оптимальной оптической коррекции, полученной под контролем БЗО, последовательно отрицательные и положительные линзы увеличивая их силу до потери четкости видения ребенком опто типов таблицы, соответствующих бинокулярной остроте зрения 0,7.

Результаты сравнительной оценки оптимальной оптической коррекции, остроты зрения и аккомодации в монокулярных и бинокулярных условиях.

Исследование проводили в группе детей с содружественным косоглазием, включавшей 166 детей: 134 ребенка со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции, 17 детей с расходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции, 6 детей со сходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции и 9 детей с расходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции (после хирургического лечения сходящегося). У всех детей с косоглазием (и сходящимся и расходящимся) величина девиации не превышала 10 градусов.

В результате **сравнения монокулярных и бинокулярных показателей оптимальной оптической коррекции** в группе детей со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии (слабой степени – у 107 детей, средней – у 16 детей и высокой – у 11 детей) было установлено, что максимальная острота зрения под контролем БЗО достигалась при увеличении силы положительных корригирующих линз для каждого глаза по сравнению с монокулярными показателями на всех используемых в исследовании расстояниях от глаз.

Для сравнения проводили аналогичное исследование оптимальной оптической коррекции у 110 детей с гиперметропией (слабой степени – у 88 детей, средней – у 12 детей и высокой – у 10 детей) без косоглазия.

Результаты сравнения разницы силы оптимальных корригирующих линз в бинокулярных и монокулярных условиях у детей со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии, и у детей с гиперметропией без косоглазия представлены в таблице (табл. 15).

Таблица 15 – Средние значения разницы силы оптимальных корригирующих линз в бинокулярных и монокулярных условиях у детей со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии и у детей с гиперметропией без косоглазия, $M \pm m$ (D)

Глаза	Расстояния, м	Дети со сходящимся косоглазием и гиперметропией (n=134)	Дети с гиперметропией без косоглазия (n=110)	Достоверность разницы показателей
ЛВГ	0,5	2,6±0,07	(-)0,3±0,08	t=32,5 df 242, p<0,001
	1	2,5±0,06	(-)0,3±0,03	t=36,6 df 242, p<0,001
	5	2,4±0,06	(-)0,5±0,02	t=40,3 df 242, p<0,001
ХВГ	0,5	2,8±0,07	(-)0,3±0,05	t=35,3 df 242, p<0,001
	1	2,6±0,07	(-)0,3±0,04	t=39,4 df 242, p<0,001
	5	2,4±0,06	(-)0,5±0,02	t=40,3 df 242, p<0,001

Примечания: ЛВГ - лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость

Анализируя представленные данные, нужно отметить, что у детей с гиперметропией без косоглазия, в отличие от детей со сходящимся косоглазием, максимальная бинокулярная острота зрения под контролем БЗО достигалась без гиперкоррекции, а в большинстве случаев требовались на 0,5D менее сильные положительные линзы по сравнению с монокулярными условиями исследования. Сравнение показателей детей с косоглазием и без косоглазия демонстрирует их достоверную разницу для всех используемых расстояний от глаз.

Кроме того, у детей со сходящимся косоглазием **анализ коэффициента корреляции Пирсона** выявил сильную положительную корреляционную связь между величиной девиации и величиной гиперкоррекции, необходимой для

формирования БЗО у этих детей для всех используемых в исследовании расстояний (табл. 16).

Таблица 16 – Корреляционная связь между величиной девиации и величиной гиперкоррекции, необходимой для формирования БЗО у детей со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции

Глаза	Расстояния, м		
	0,5	1	5
ЛВГ (n=134)	r=0,91 df 132, p<0,001	r=0,87 df 132, p<0,001	r=0,85 df 132, p<0,001
ХВГ (n=134)	r=0,88 df 132, p<0,001	r=0,87 df 132, p<0,001	r=0,85 df 132, p<0,001

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, r – коэффициент корреляции Пирсона, df – степени свободы, p – статистическая значимость

В группе детей с **расходящимся косоглазием** на фоне миопии (слабой степени – у 11 детей, средней – у четырех детей и высокой – у двух детей) наиболее благоприятные условия для формирования БЗО создавались при гиперкоррекции, медианы которой составляли для ЛВГ и для ХВГ Me = 2,5 [Q1 = 2,0; Q3 = 3,0] D на всех используемых расстояниях от глаз.

Для сравнения провели аналогичное исследование в группе, включавшей 41 ребенка с миопией. Миопия слабой степени была у 20 детей, средней степени – у 15 детей и высокой – у пяти детей. В большинстве случаев у детей с миопией без косоглазия оптимальные условия для наиболее высоких показателей остроты зрения под контролем БЗО определялись при снижении силы отрицательных линз на 0,5 D по отношению к монокулярным показателями. При этом статистические показатели составляли Me = -0,5 [Q1 = 0; Q3 = -0,5] D для ЛВГ и для ХВГ для всех использованных расстояний исследования. Выявлялась достоверная разница этих показателей у близоруких детей с расходящимся косоглазием и у детей с миопией без косоглазия (z=6,2, p<0,001 по критерию Манна-Уитни для ЛВГ и для ХВГ) на всех используемых в исследовании расстояниях от глаз.

При исследовании детей с расходящимся косоглазием также определялась положительная сильная корреляция между величиной девиации и величиной гиперкоррекции, необходимой для устойчивой бификсации на всех используемых расстояниях от глаз ребенка (табл. 17).

Таблица 17 – Корреляционная связь между величиной девиации и величиной гиперкоррекции, необходимой для формирования БЗО у детей с расходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции

Глаза	Расстояния, м		
	0,5	1	5
ЛВГ (n=17)	r=0,95 df 15, p<0,001	r=0,92 df 15, p<0,001	r=0,8 df 15, p<0,001
ХВГ (n=17)	r=0,87 df 15, p<0,001	r=0,85 df 15, p<0,001	r=0,84 df 15, p<0,001
<i>Примечания: ЛВГ – лучшесвидящий глаз, ХВГ – хужесвидящий глаз, r – коэффициент корреляции Спирмена, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>			

У детей с косоглазием при «несоответствующей» рефракции (сходящееся косоглазие на фоне миопической рефракции и расходящееся на фоне гиперметропической) в большинстве случаев сила корригирующих стекол, при которой лучше сохранялась бификсация, зависела от вида косоглазия.

У близоруких детей со сходящимся косоглазием для поддержания бификсации были нужны отрицательные стекла на 2,0-2,5 D менее сильные чем в монокулярных условиях, а двум детям (с миопией слабой степени) – плюсовые линзы силой 0,75-1,0 D при исследовании на расстоянии 0,5 м от глаз. При других расстояниях исследования оптимальные условия для бификсации у этих детей создавались при уменьшении силы отрицательных линз на 1,0-1,5 D по сравнению с монокулярными показателями.

Для шести детей с расходящимся косоглазием на фоне гиперметропии оптимальные условия для сохранения бификсации создавались при уменьшении силы плюсовых стекол на 1,5-2,5 D по сравнению с монокулярными показателями. Между тем, в трех случаях (у пациентов с

гиперметропическим астигматизмом) оптимальные условия для бификсации были при полной коррекция гиперметропии в бинокулярных условиях, аналогичная монокулярным измерениям.

Результаты исследования **ОАА** (для ЛВГ и для ХВГ) и **ООА** (под контролем БЗО) у детей общей группы с косоглазием (сходящимся и расходящимся) и у детей общей группы с аметропией (гиперметропической и миопической рефракцией) представлены в таблице (табл. 18).

Таблица 18 – Сравнение ОАА и ООА у детей с косоглазием и у детей с аметропией, $M \pm m$ (D).

Расстояния, м	Условия исследования	Группа детей с аметропией (n=151)	Группа детей с косоглазием (n=166)	Достоверность разницы показателей
5	ОАА ЛВГ	7,2±0,1	4,4±0,1	t=20,0 df 315, p<0,001
	ОАА ХВГ	7,1±0,1	2,3±0,07	t=40,0 df 315, p<0,001
	ООА	3,1±0,05	1,2±0,05	t=27,1 df 315, p<0,001
1	ОАА ЛВГ	8,5±0,1	5,5±0,1	t=21,4 df 315, p<0,001
	ОАА ХВГ	8,2±0,1	3,4±0,08	t=36,9 df 315, p<0,001
	ООА	3,7±0,07	1,5±0,07	t=22,0 df 315, p<0,001
0,5	ОАА ЛВГ	7,1±0,1	4,4±0,1	t=19,3 df 315, p<0,001
	ОАА ХВГ	7,0±0,2	3,3±0,07	t=18,5 df 315, p<0,001
	ООА	3,0±0,07	1,2±0,07	t=12,9 df 315, p<0,001

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Представленные данные демонстрируют достоверно более высокие показатели ОАА и ООА у детей с аметропией без косоглазия по сравнению с детьми с косоглазием для всех используемых расстояний исследования. При этом нужно отметить более высокие показатели аккомодации для расстояния 1м в обеих группах (p<0,001 по критерию Стьюдента для связанных выборок).

Результаты исследования **монокулярной и бинокулярной (под контролем БЗО) остроты зрения** у детей общей группы с косоглазием и детей общей группы с аметропией представлены в таблице (табл. 19).

Таблица 19 – Сравнение скорректированной монокулярной и бинокулярной остроты зрения у детей с косоглазием и у детей с аметропией, $M \pm m$ (усл. ед)

Расстояния, м	Условия исследования	Группа детей с аметропией (n=151)	Группа детей с косоглазием (n=166)	Достоверность разницы показателей
0,5	ЛВГ	0,92±0,02	0,8±0,02	t=6,0 df 315, p<0,001
	ХВГ	0,85±0,02	0,7±0,03	t=5,0 df 315, p<0,001
	Бинокулярно	0,95±0,02	0,7±0,01	t=12,5 df 315, p<0,001
1	ЛВГ	1,0±0,02	0,87±0,02	t=4,3 df 315, p<0,001
	ХВГ	0,9±0,02	0,74±0,02	t=5,3 df 315, p<0,001
	Бинокулярно	1,1±0,02	0,84±0,02	t=8,6 df 315, p<0,001
5	ЛВГ	0,95±0,02	0,81±0,02	t=4,7 df 315, p<0,001
	ХВГ	0,84±0,02	0,7±0,02	t=4,7 df 315, p<0,001
	Бинокулярно	0,98±0,02	0,8±0,02	t=6,3 df 315, p<0,001

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Анализ представленных данных демонстрирует достоверно более высокие показатели как монокулярной, так и бинокулярной остроты зрения у детей с аметропией без косоглазия по сравнению с детьми с косоглазием для всех используемых расстояний исследования. При этом нужно отметить более высокие показатели остроты зрения для расстояния 1 м в обеих группах (p<0,001 по критерию Стьюдента для связанных выборок).

3.1.7 Результаты исследования стереокинетического эффекта

Векторные отношения монокулярного и бинокулярного механизма пространственного зрения в норме и патологии мы изучали методом, разработанным на кафедре физиологии Иркутского Государственного Университета (Могилев, 1982; Рычков, 1990). Обследовали 406 детей школьного возраста, которые были разделены на 3 группы:

- 1) 106 детей с частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН) и вторичным косоглазием;
- 2) 154 ребенка с содружественным косоглазием;
- 3) 146 детей контрольной группы без офтальмопатологии.

Клинические характеристики обследованных детей представлены в таблице (табл. 20).

Таблица 20 - Клинические характеристики исследуемых групп детей.

Клинические характеристики исследуемых групп детей		Группы детей		
		Дети с ЧАЗН, (n=106)	Дети с косоглазием, (n=154)	Контрольная группа, (n=146)
Возраст M±m (годы)		12,67±0,3	9,4±0,2	9,83±0,3
Корригированная острота зрения лучшевидящего глаза (усл. ед)		0,32±0,02	0,84±0,01	1,1±0,01
Корригированная острота зрения хужевидящего глаза (усл. ед)		0,19±0,01	0,64±0,02	1,0±0,005
Виды рефракции, абс. число детей (%)	Эмметропия	-	2 (1,3%)	146 (100%)
	Гиперметропия	40 (37,7%)	132 (85,7%)	-
	Миопия	47 (44,3%)	19 (12,3%)	-
	Смешанный астигматизм	10 (9,4%)	1 (0,6%)	-
	Артифакия	9 (8,5%)	-	-
Сходящееся косоглазие, абс. число детей (%)		72 (67,9%)	133 (86,4%)	-
Расходящееся косоглазие, абс. число детей (%)		34 (32,1%)	21 (13,6%)	-

В группе детей с ЧАЗН и вторичным косоглазием (72 со сходящимся и 34 с расходящимся) врожденный нистагм наблюдали в 59 случаях (в 53 случаях горизонтальный мелкоамплитудный, в пяти – горизонтальный среднеамплитудный и в одном – ротаторный). В девяти случаях ЧАЗН сочеталась с альбинизмом и в четырех – с ДЦП.

Характер зрения в группе детей с ЧАЗН и вторичным косоглазием был монолатеральным у 22 детей, монокулярным альтернирующим у 44х,

одновременным у 48 и неустойчивым бинокулярным у 14 детей. Стереозрение по Fly-тесту и Lang-тесту отсутствовало у всех детей данной группы.

Среди детей со сходящимся косоглазием (n=133) оно было оперированным у 71 пациента, сходящимся аккомодационным – у 7, сходящимся частично-аккомодационным – у 9, непостоянным сходящимся – у 26 и постоянным неаккомодационным – у 20 детей. В группе с расходящимся косоглазием (n=21) оно было оперированным у 14 пациентов и непостоянным у 6 детей. Характер зрения в группе детей с содружественным косоглазием по четырехточечному цветотесту был монолатеральным у 30 детей, монокулярным альтернирующим у 38, одновременным у 54, неустойчивым бинокулярным у 31 и асимметричным бинокулярным у одного ребенка. Стереозрение по Fly-тесту, Lang-тесту отсутствовало у всех детей этой группы.

Все дети контрольной группы имели ортотропию, устойчивый бинокулярный характер зрения по четырехточечному цветотесту с 5 м и нормальные показатели стереозрения по Fly-тесту и Lang-тесту.

Полученные результаты исследования стереокинетического эффекта в трех группах детей представлены на диаграммах (рис. 29).

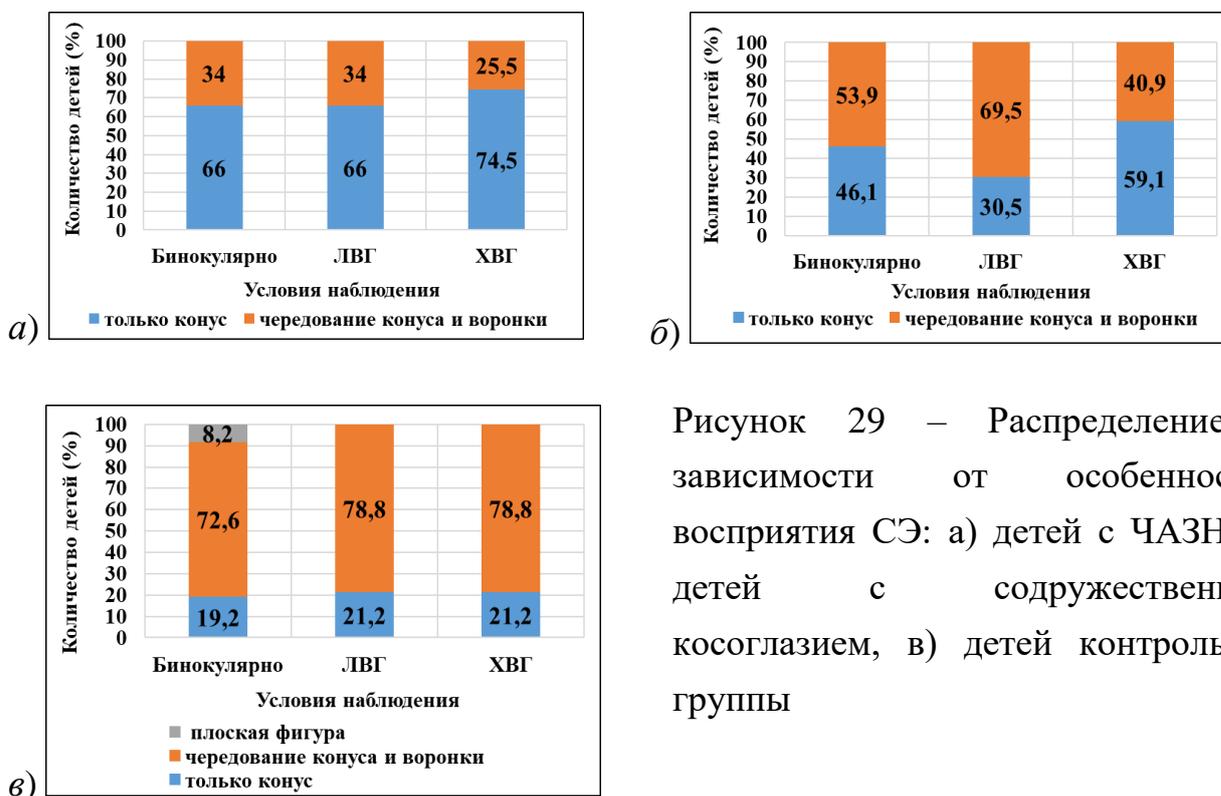


Рисунок 29 – Распределение в зависимости от особенностей восприятия СЭ: а) детей с ЧАЗН, б) детей с содружественным косоглазием, в) детей контрольной группы

Анализ особенностей восприятия СЭ показал, что при ЧАЗН количество детей, воспринимавших только виртуальный конус без чередования с виртуальной воронкой, было в 2 раза больше в бинокулярных условиях наблюдения, а также при фиксации тест-объекта лучшевидящим глазом и в 3 раза больше при фиксации тест-объекта хужевидящим глазом.

В группе с косоглазием в условиях наблюдения тест-объекта бинокулярно и лучшевидящим глазом более половины детей воспринимали чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, а при фиксации хужевидящим глазом более половины детей воспринимали только виртуальный конус. В контроле при бинокулярном наблюдении тест-объекта некоторые испытуемые (8,2%) воспринимали предъявляемое подвижное изображение как плоское, большинство детей (72,6%) воспринимали чередование виртуального конуса и виртуальной воронки и 19,2 % детей воспринимали только виртуальный конус.

Средние значения **величины виртуального конуса** в монокулярных (для ЛВГ и для ХВГ) и бинокулярных условиях наблюдения у детей разных групп, представлены на рисунке (рис. 30).

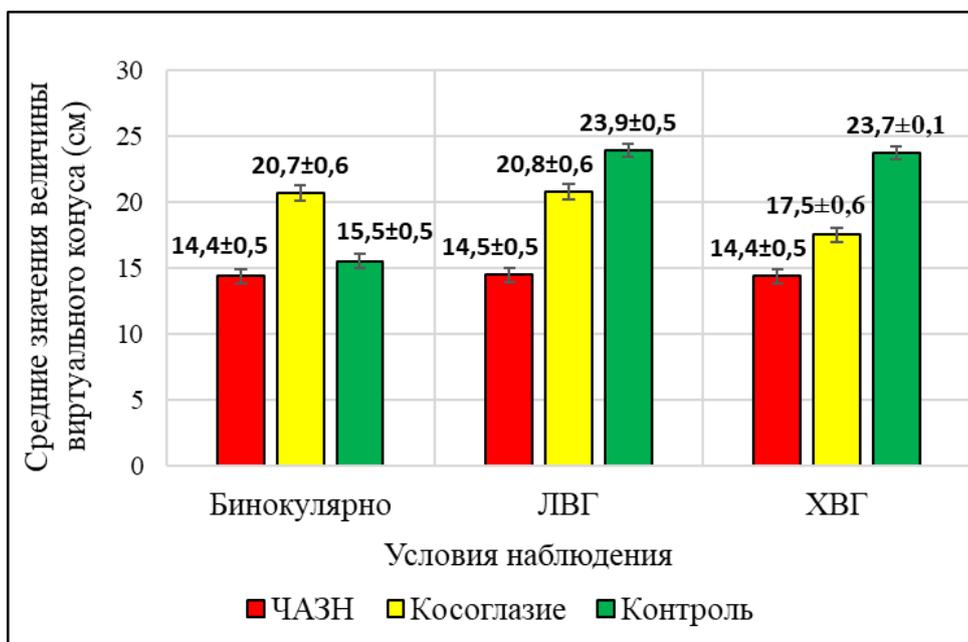


Рисунок 30 – Значения бинокулярных и монокулярных оценок величины виртуального конуса в исследуемых группах детей

Результаты анализа межгрупповых различий величины виртуального конуса представлены в таблице (табл. 21).

Таблица 21 - Статистическая достоверность и значимость разницы средних значений величины виртуального конуса в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения у детей каждой группы

Группы детей	Сравниваемые пары значений		
	Бинокулярные условия - ЛВГ	Бинокулярные условия - ХВГ	ЛВГ - ХВГ
Дети с ЧАЗН	$t = 0,58$ df 105, $p = 0,57$	$t = 0,45$ df 105, $p = 0,66$	$t = 1,42$ df 105, $p = 0,16$
Дети с косоглазием	$t = 1,0$ df 153, $p = 0,32$	$t = 8,84$ df 153, $p < 0,001$	$t = 8,94$ df 153, $p < 0,001$
Дети контрольной группы	$t = 22,49$ df 145, $p < 0,001$	$t = 22,45$ df 145, $p < 0,001$	$t = 2,2$ df 145, $p = 0,03$
<i>Примечания: t – критерии: Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>			

Не выявлено достоверной разницы показателей в бинокулярных и монокулярных условиях наблюдения у детей с ЧАЗН, результаты для ЛВГ и ХВГ были сопоставимы. У детей с косоглазием результаты в бинокулярных условиях наблюдения были сопоставимы с результатами для ЛВГ. Результаты для ХВГ были достоверно ниже для ЛВГ и ниже результатов, полученных в бинокулярных условиях. В контроле обращали на себя внимание достоверно более высокие значения величины виртуального конуса в монокулярных условиях наблюдения (как для ЛВГ, так и для ХВГ) чем в бинокулярных. Результаты для ЛВГ и ХВГ в контроле не выявили статистических различий (с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений). Результаты сравнения средних значений величины виртуального конуса между группами детей, как в монокулярных, так и в бинокулярных условиях наблюдения, представлены в таблице (табл. 22).

Таблица 22 - Статистическая достоверность и значимость разницы средних значений величины виртуального конуса в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения у детей каждой группы

Условия наблюдения	Сравниваемые пары значений		
	ЧАЗН – контроль	Косоглазие – контроль	Косоглазие – ЧАЗН
Бинокулярные	$t = 1,39$ df 250, $p = 0,17$	$t = 6,53$ df 298, $p < 0,001$	$t = 7,93$ df 258, $p < 0,001$
ЛВГ	$t = 13$ df 250, $p < 0,001$	$t = 4,22$ df 298, $p < 0,001$	$t = 7,95$ df 258, $p < 0,001$
ХВГ	$t = 13,1$ df 250, $p < 0,001$	$t = 10,25$ df 298, $p < 0,001$	$t = 4,72$ df 258, $p < 0,001$

Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость, ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз

Наиболее низкие показатели средних значений величины виртуального конуса в монокулярных условиях наблюдения отмечали в группе детей с ЧАЗН.

В группе детей с косоглазием показатели в монокулярных условиях наблюдения (для ЛВГ, и для ХВГ) были достоверно ниже контроля, но выше, чем у детей с ЧАЗН. В бинокулярных условиях наблюдения среднее значение величины виртуального конуса у детей с косоглазием и ЧАСН превышало показатели при косоглазии и в контроле.

У детей с ЧАЗН выявлена слабая положительная связь величины виртуального конуса (характеризующей выраженность СЭ) с возрастом детей для монокулярных условий наблюдения лучшевидящим глазом (коэфф. Корр. Пирсона $r=0,19$, $p=0,05$), и такая связь не была достоверной в бинокулярных условиях наблюдения (коэфф.корр. Пирсона $r=0,18$, $p=0,06$)

В группе детей с косоглазием корреляционная связь являлась слабой положительной как для бинокулярных условий ($r=0,17$, $p=0,03$), так и для монокулярных условий наблюдения лучшевидящим глазом ($r=0,17$, $p=0,03$). В контроле выявляли слабую отрицательную корреляционная связь СЭ с возрастом как для бинокулярных условий ($r=0,28$, $p=0,001$), так и для монокулярных условий наблюдения лучшевидящим глазом ($r=0,35$, $p<0,001$).

Результаты исследования длительности доминирования восприятия виртуального конуса или виртуальной воронки у детей разных групп представлены на диаграмме (рис. 31).

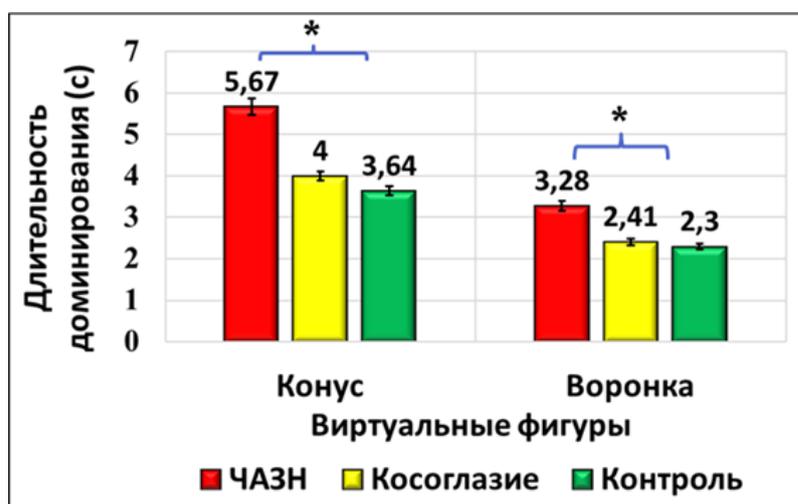


Рисунок 31 - Длительности поочередного доминирования виртуального конуса и виртуальной воронки в исследуемых группах детей

Примечание: * $p < 0,05$

Во всех группах длительность доминирования виртуального конуса значительно преобладала над длительностью доминирования виртуальной воронки (в группе с ЧАЗН $t=13$ df 105, $p < 0,001$; в группе с косоглазием $t=12,18$ df 153, $p < 0,001$; в контроле $t=10,78$ df 145, $p < 0,001$). Время доминирования виртуального конуса при ЧАЗН превышало показатели группы с косоглазием ($t=7,86$ df 258, $p < 0,001$) и контроля ($t=9,53$ df 250, $p < 0,001$).

Результаты демонстрируют связь вида офтальмопатологии с характером взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения. При нарушениях бинокулярного зрения снижался или отсутствовал вклад бинокулярного механизма в СЭ, что проявлялось отсутствием снижения величины виртуального конуса в бинокулярных условиях наблюдения. Наиболее низкие показатели СЭ в монокулярных условиях при ЧАЗН по сравнению с другими группами указывали на роль «статуса» рецептивных полей сетчатки в комплексе с эффективностью проведения и переработки зрительной информации у детей, имеющих не только функциональные нарушения бинокулярного зрения, но и органическую

составляющую. Количество детей с чередованием виртуального конуса и виртуальной воронки при офтальмопатологии было ниже контроля, при ЧАЗН ниже, чем при косоглазии. Заметим, что наибольшие показатели длительности доминирования как виртуального конуса, так и виртуальной воронки наблюдали при ЧАЗН, что могло свидетельствовать о замедлении процессов переработки пространственной зрительной информации у этих детей.

Чувствительность и специфичность метода в диагностике СЭ и оценке бинокулярных нарушений анализировали по формуле Байеса. Под чувствительностью теста СЭ понимали его способность выявлять нарушение векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов пространственного восприятия при патологии бинокулярного зрения. При этом нормальными векторными отношениями считали такие, при которых бинокулярные величины виртуального конуса были меньше монокулярных, а нарушением векторных отношений считали бинокулярные оценки, соответствующие монокулярным или превышающие их. Специфичностью теста считали способность выявлять отсутствие нарушения векторных отношений бинокулярного монокулярного механизмов пространственного восприятия. Истинно положительным считали результат, при котором нарушение векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов, выявленное с помощью теста СЭ, подтверждал четырехточечный цветотест. Ложноположительным считали результат, при котором нарушение векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов, выявленное при в тесте СЭ не подтверждал цветотест. Ложноотрицательным – результат, при котором отсутствие нарушения векторных отношений бинокулярного и монокулярного механизмов, установленное при помощи теста СЭ, не было подтверждено результатом исследования на цветотесте. Истинно отрицательным – результат, при котором нарушения бинокулярного зрения не были выявлены ни при помощи теста СЭ, ни при помощи цветотеста.

Анализ проводили в общей группе из 420 детей (n=240 с косоглазием, n=180 контроль), а также в группе с косоглазием (n=154 ребенка) и группе с ЧАЗН (n=106), и в группе контроля (n=146). Результаты представлены в таблице (табл. 23).

Таблица 23 – Чувствительность и специфичность теста СЭ

Результат	Для группы детей с косоглазием	Для группы детей с ЧАЗН
Положительный	145 (48,3%)	98 (38,9%)
Отрицательный	140 (46,7%)	144 (57,1%)
Ложноположительный	6 (2%)	2 (0,8%)
Ложноотрицательный	9 (3%)	8 (3,2%)
Чувствительность	94,1%	92,5%
Специфичность	95,9%	98,6%
ПЗР+	94,1%	92,5%
ПЗР-	95,9%	98,6%

Данные демонстрируют высокую чувствительность и специфичность метода СЭ в диагностике нарушений бинокулярного зрения. Метод повышает вероятность выявления нарушений бинокулярных функций и пригоден для мониторинга в ходе функционального лечения.

3.1.8 Результаты апробации разработанных компьютерных технологий для исследования стереозрения в разных режимах предъявления стереостимулов

На основе стереоизображений, созданных J.Ninio [267], нами была разработана серия стереостимулов с разными характеристиками, предъявляемыми в разных альтернирующих режимах, для диагностики стереозрения. Так, стереостимулы 1-го блока с центральным расположением элементов, создающих эффект фронтпараллельного разделения деталей, имели в центре изображения горизонтальную (рис. 32, 1 а) или вертикальную (рис. 32, 1 б) полосы. Другие изображения создавали при успешной фузии

эффект разворота центральной горизонтальной полосы вокруг вертикальной оси (рис. 32, 1 в) и эффект наклона центральной вертикальной полосы (рис. 32, 1 г). Изображения 1-го блока содержали также периферически расположенные объекты для слияния - кружки лилового цвета одного размера (бинокулярная часть изображения, видимая через красно-синие светофильтры и тем, и другим глазом), и проходящие через кружок маркировочные короткие полосы – синюю для одного глаза и красную для другого.

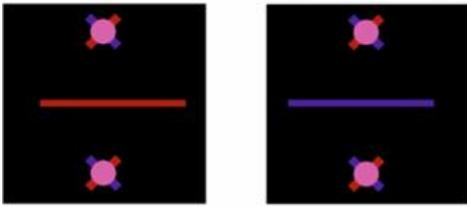
Стереостимулы 2-го блока содержали периферически расположенные элементы, создающие стереоэффекты при успешной фузии: эффект фронтопараллельного разделения центрального элемента и периферических горизонтальных полосок (рис. 33, 2 а); фронтопараллельного разделения центрального элемента и периферических вертикальных полосок (рис. 33, 2 б); разворота периферических горизонтальных полосок вокруг вертикальной оси (рис. 33, 2 в); эффект наклона периферических вертикальных полосок (рис. 33, 2 г).

Стереостимулы 3-го блока включали случайно-точечные стереограммы, создающие эффект горизонтального цилиндра (рис. 34, 3 а) и вертикального цилиндра (рис. 34, 3 б).

Размер изображения на экране компьютера = 10x10 см, диаметр кружка-объекта для слияния = 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. Цветовые характеристики стимулов для красных деталей характеризуются как R 255, G 0, B 0, синих – R 0, G 0, B 255, лиловых – R 215, G 102, B 162. Стимулы предъявлялись как в статичном варианте, так и в режимах альтернирования.

Тестовые изображения 1а

Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами

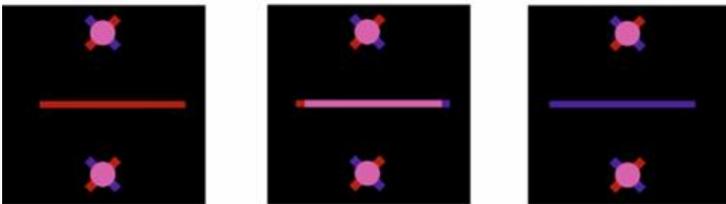
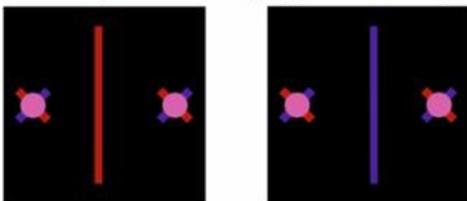


Рисунок 32 – 1а) стереоизображение, содержащее центрально расположенную горизонтальную полосу, создающую эффект фронтотопараллельного разделения с периферическими элементами; 1б) стереоизображение, содержащее центрально расположенную вертикальную полосу, создающую эффект фронтотопараллельного разделения с периферическими элементами

Тестовые изображения 1б

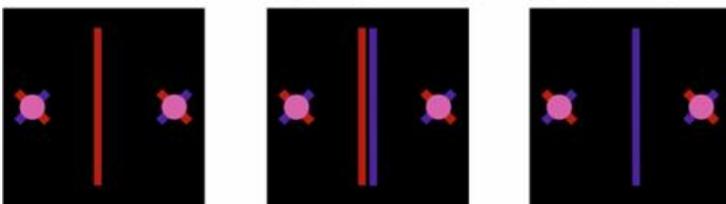
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами

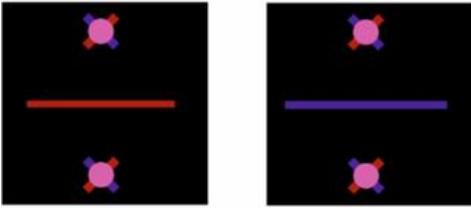


Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами



Тестовые изображения 1в

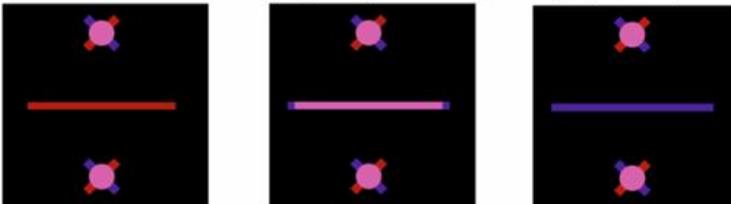
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами

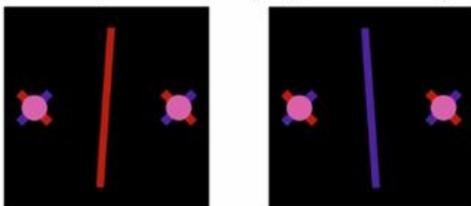


1в) стереоизображение, содержащее центрально расположенную горизонтальную полосу, создающую эффект разворота, и периферично расположенные объекты для слияния;

1г) стереоизображение, содержащее центрально расположенную вертикальную полосу, создающую эффект наклона, и периферично расположенные объекты для слияния.

Тестовые изображения 1г

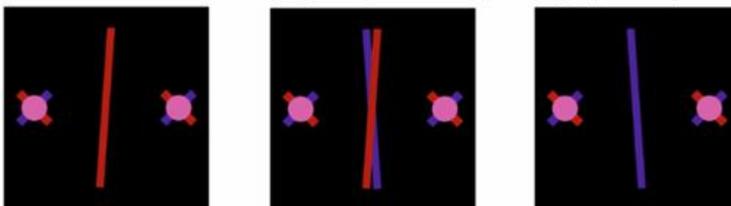
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами

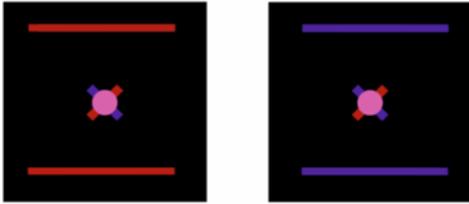


Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами



Тестовые изображения 2а

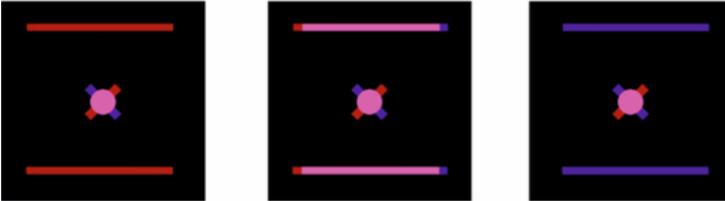
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами

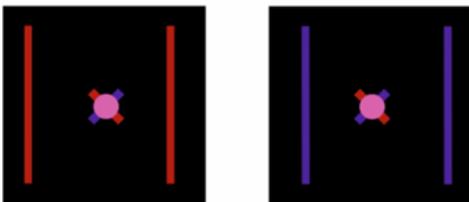


Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами



Тестовые изображения 2б

Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами

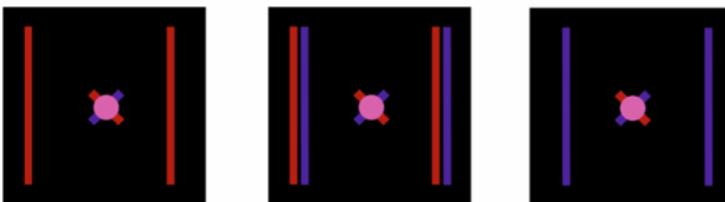


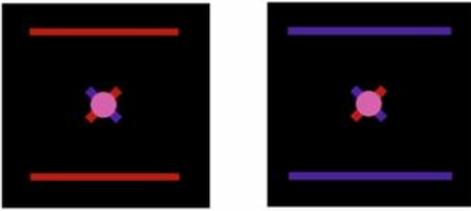
Рисунок 33 - 2а)

стереоизображение, содержащее центрально расположенную горизонтальную полосу, создающую эффект фронтотопараллельного разделения с периферическими элементами;

2б) стереоизображение, содержащее центрально расположенную вертикальную полосу, создающую эффект фронтотопараллельного разделения с периферическими элементами

Тестовые изображения 2в

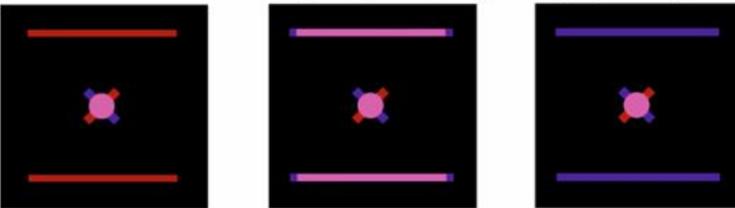
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами

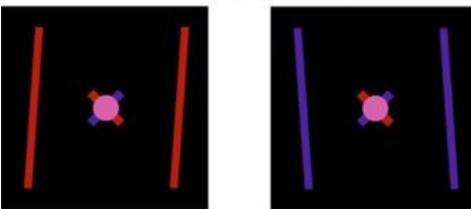


2в) стереоизображение, содержащее периферически расположенные горизонтальные полосы, создающие эффект разворота и центрально расположенный объект для слияния;

2г) стереоизображение, содержащее периферически расположенные вертикальные полосы, создающие эффект наклона и центрально расположенный объект для слияния

Тестовые изображения 2г

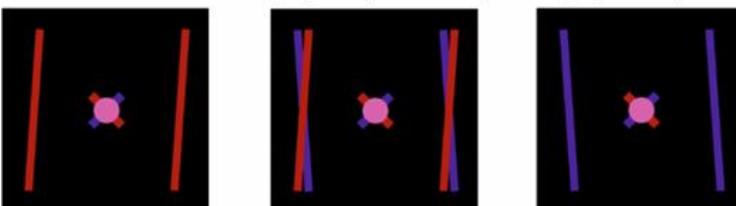
Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами

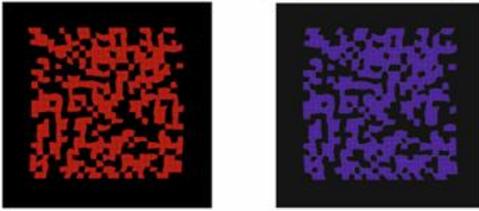


Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами



Тестовые изображения 3а

Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами

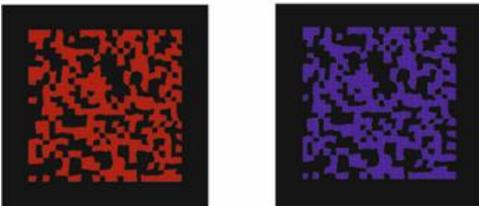


Рисунок 34 - 3а) случайно-точечная стереограмма, создающая эффект горизонтального цилиндра;

3б) случайно-точечная стереограмма, создающая эффект вертикального цилиндра

Тестовые изображения 3б

Режим простого альтернирования монокулярных стимулов



Режим с наличием «пустого» интервала между монокулярными фазами



Режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами



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 исследования способности к бифовеальному слиянию и стереовосприятию под объективным углом косоглазия) и оптимальной коррекции аметропии. При подборе призм добивались отсутствия установочных движений при обратном cover-тесте. Использовали 3 варианта альтернирующего предъявления стимулов: 1) режим с последовательным монокулярным предъявлением стимулов 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 бинокулярной фаз, а также пустого интервала задавали произвольно от 20 - 500 мс.

Результаты исследования стереозрения с использованием разных режимов предъявления стимулов

На первом этапе стереовосприятие изучали в разных режимах предъявления стереостимулов в контрольной группе из 167 детей-эмметропов в возрасте от 7 до 17 (в ср. $11,04 \pm 0,26$) лет с бинокулярным и стереозрением по Lang-тесту и Fly-тесту. Острота зрения лучшевидящего глаза (ЛВГ) составляла $1,08 \pm 0,01$, острота зрения хужевидящего глаза (ХВГ) – $1,02 \pm 0,005$. Определяли максимальную длительность монокулярных фаз (длительность предъявления на экране монитора изображения для каждого глаза), при которой сохранялось стереовосприятие. Стимулы предъявляли в следующих режимах: 1) **режим простого монокулярного альтернирования** (поочередное предъявление изображения правому глазу и левому глазу); 2) **режим с наличием «пустого» интервала** (черного фона между предъявлением изображения правому глазу и подачей изображения левому глазу) между монокулярными фазами; 3) **режим с наличием бинокулярной фазы** (предъявления бинокулярного изображения,

содержащего детали, соответствующие стимулу для правого глаза и соответствующие стимулу для левого глаза) между монокулярными фазами.

Результаты исследования представлены на графиках. При этом на всех графиках на оси абсцисс нулевое значение соответствует режиму простого альтернирования – без бинокулярной фазы и без «пустого» интервала между монокулярными фазами. Отрицательные значения на оси абсцисс показывают длительности «пустого» интервала, а положительные значения – длительность бинокулярной фазы. По оси ординат указаны длительности 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 у испытуемого при наблюдении стимулов в режиме с наличием бинокулярной фазы между монокулярными фазами наблюдается нестабильный стереопсис – восприятие объемного (во время бинокулярной фазы) и плоского (во время монокулярных фаз) изображения чередуются.

Для тестового изображения **1a** максимальная длительность монокулярных фаз в режиме простого альтернирования составляла в среднем $182,7 \pm 14,7$ мс.

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

детей стереопсис наблюдали только при минимальной длительности монокулярных фаз (20 мс).

Введение бинокулярной фазы между монокулярными приводило, наоборот, к значительному увеличению максимальных длительностей монокулярных фаз. Так, при использовании бинокулярной фазы длительностью 20 мс максимальная длительность монокулярных фаз увеличивалась в среднем до $334,3 \pm 14,7$ мс (\approx в 2 раза по сравнению с режимом простого альтернирования). При увеличении длительности бинокулярной фазы наблюдали увеличение и максимальных длительностей монокулярных фаз с сохранением стереопсиса. Наибольшая длительность монокулярных фаз (в среднем $542,8 \pm 26,4$ мс) 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 длительностях 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 $507,6 \pm 16,7$ мс 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 незначительным увеличением максимальных длительностей монокулярных фаз, при которых сохранялся стабильный стереопсис (до $537,8 \pm 20,3$ мс при длительности бинокулярной фазы 200 мс). Максимальная длительность монокулярных фаз «на границе» между нестабильным стереопсисом и полным отсутствием стереовосприятия значительно увеличивалась при небольшом увеличении длительности бинокулярной фазы. Так, при увеличении длительности бинокулярной фазы с 60 мс до 70 мс максимальная длительность монокулярных фаз, при которой еще был возможен нестабильный стереопсис, увеличивалась в среднем с $578,3 \pm 20,3$ мс до $642,4 \pm 19,6$ мс. Наибольших значений длительность монокулярных

фаз, «на границе» нестабильного стереопсиса и его отсутствия наблюдалась при длительностях бинокулярной фазы 190-200 мс (в среднем 4642,2 σ 174,2 мс и 4656,1 σ 160,8 мс соответственно). Таким образом, монокулярные фазы продолжительностью **более** в среднем 4,7с в сочетании с бинокулярной фазой длительностью **менее** 200 мс «разрушали» стереопсис. При длительности бинокулярной фазы более 200 мс и монокулярной фазы более 4,7с стереообраз воспринимался испытуемыми в бинокулярную фазу, исчезал в период монокулярной фазы и вновь появлялся в бинокулярную фазу (рис. 35).

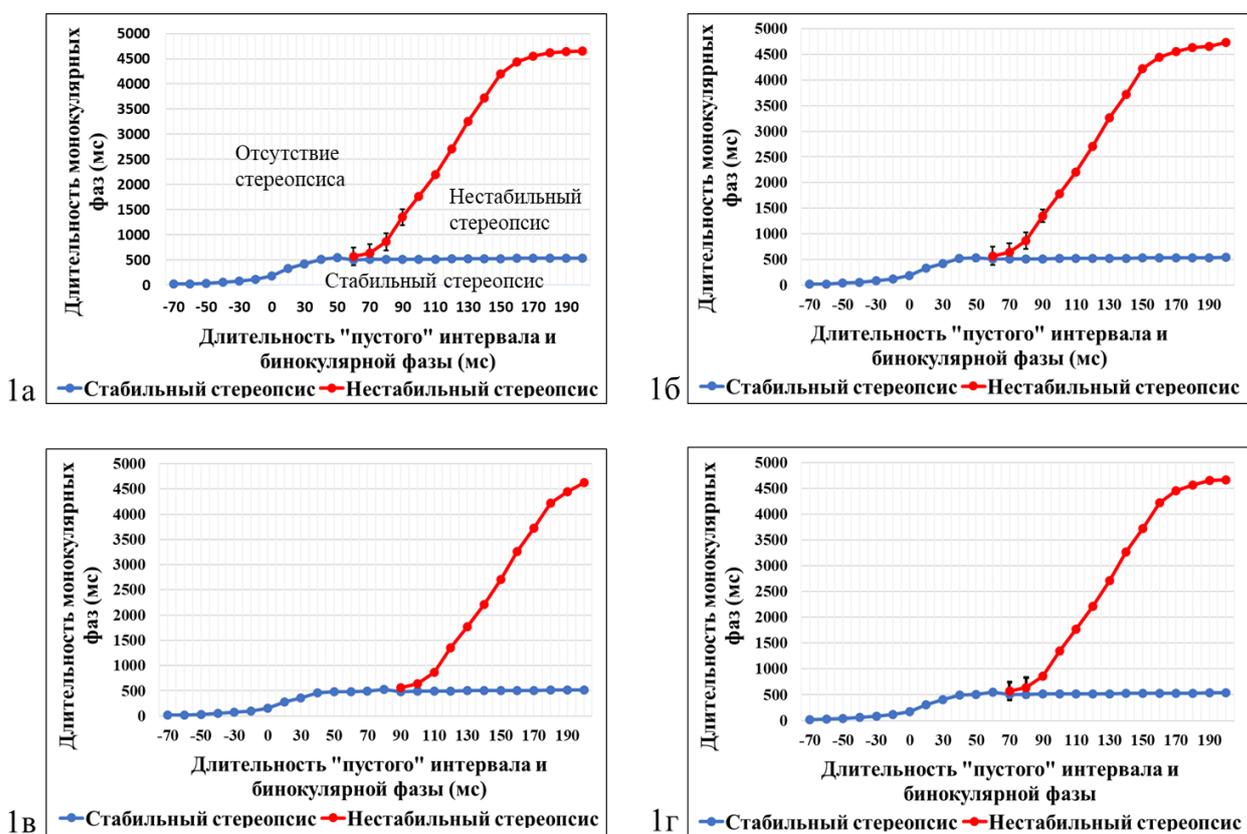


Рисунок 35 - Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала у детей контрольной группы для первого блока стереостимулов: **1а** - создающего эффект фронтопараллельного разделения центральной горизонтальной полосы и периферических элементов; **1б** - создающего эффект фронтопараллельного разделения центральной вертикальной полосы и периферических элементов; **1в** - создающего эффект разворота центральной горизонтальной полосы; **1г** - создающего эффект наклона центральной вертикальной полосы

Подобная картина наблюдалась и для второго блока стереостимулов (содержащих периферически расположенные линейные элементы, создающие при успешной фузии стереоэффект) (рис. 36).

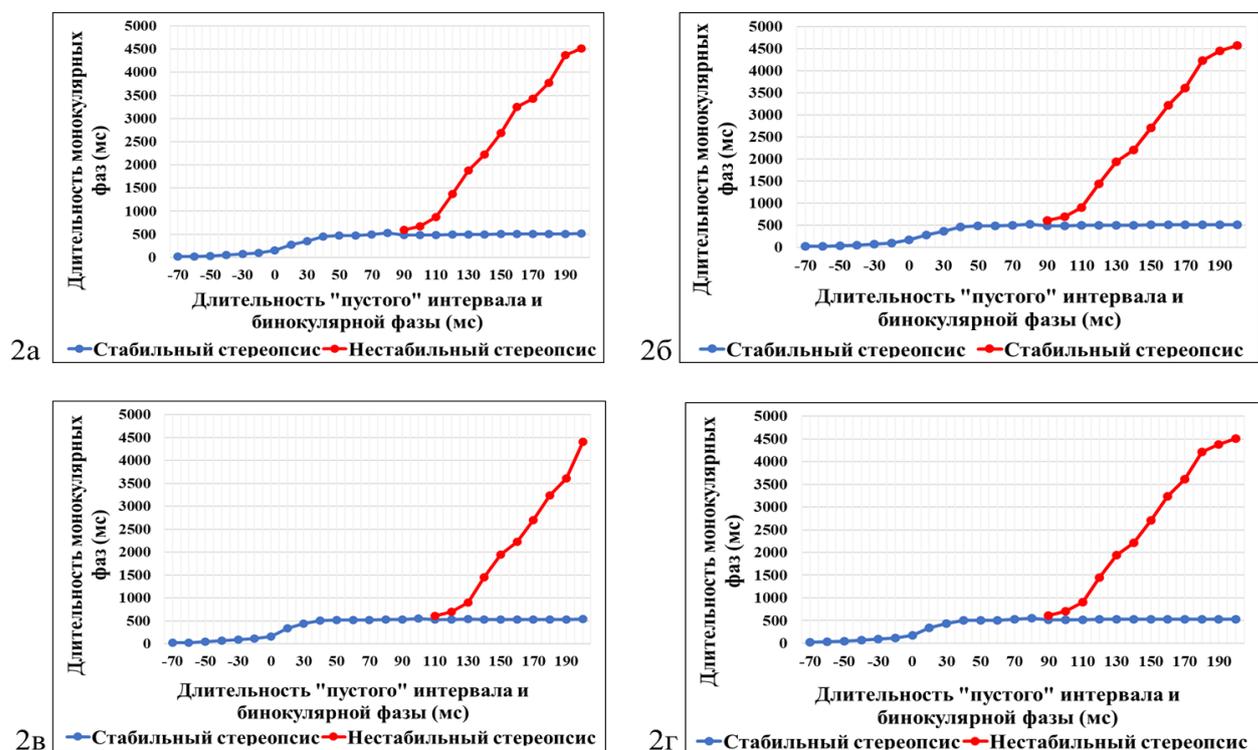


Рисунок 36 – Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала для второго блока стереостимулов: 2а - создающего эффект фронтопараллельного разделения периферических горизонтальных полосок и центрального элемента; 2б - создающего эффект фронтопараллельного разделения периферических вертикальных полосок и центрального элемента; 2в - создающего эффект разворота периферических горизонтальных полосок; 2г - создающего при успешной фузии эффект наклона периферических вертикальных полосок

Результаты для третьего блока стереостимулов (случайно-точечных стереограмм) представлены на графиках (рис. 37).

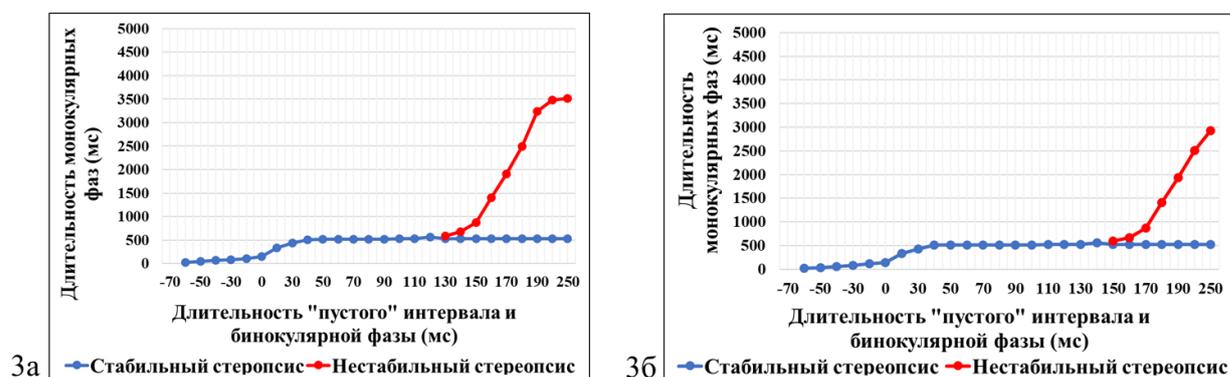


Рисунок 37 – Средние значения длительностей монокулярных фаз, бинокулярной фазы и «пустого» интервала для третьего блока стереостимулов: **3а** - создающего при успешной фузии эффект горизонтального цилиндра; **3б** - создающего при успешной фузии эффект вертикального цилиндра

Наиболее важные значения результатов, полученных для каждого тестового изображения, представлены в таблицах (табл. 24 – 26).

Таблица 24 – Средние значения длительностей монокулярных фаз, $M \pm \sigma$, (мс) при которых возможно стереовосприятие у детей без офтальмопатологии ($n=167$) в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов 1-го блока

Режимы предъявления стимулов	1-й блок тестовых изображений			
	1а	1б	1в	1г
Режим простого альтернирования	182,7 σ 14,7	185,6 σ 15,6	158,1 σ 13,2	169 σ 11,3
Режим с «пустым» интервалом (при максимальной длительности «пустого» интервала, мс)	26,6 σ 7,5 (60)	23,8 σ 6,1 (60)	21,2 σ 3,2 (60)	23,2 σ 6,2 (60)
Режим с бинокулярной фазой (при максимальной длительности бинокулярной фазы, при которой еще возможен стабильный стереопсис, мс)	542,8 σ 26,4 (50)	535,4 σ 19,4 (50)	522,9 σ 22,3 (80)	544,1 σ 17,8 (60)
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис, мс)	578,3 σ 20,3 (60)	567,8 σ 19,6 (60)	566,6 σ 19 (90)	570,4 σ 19,4 (70)

Таблица 25 – Средние значения длительностей монокулярных фаз, $M \pm \sigma$, (мс) при которых возможно стереовосприятие у детей без офтальмопатологии ($n=167$) в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов 2-го блока

Режимы предъявления стимулов	2-й блок стимулов			
	2а	2б	2в	2г
Режим простого альтернирования	163 σ 12,3	165,6 σ 11,2	160,3 σ 15,4	175 σ 13,9
Режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности, мс)	20,5 σ 2,2 (60)	21,9 σ 4,8 (60)	27,1 σ 7,5 (60)	31,7 σ 5,9 (60)
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности и сохранении стабильного стереопсиса, мс)	529,6 σ 37,9 (80)	525,7 σ 29 (80)	553,3 σ 23,2 (100)	556,2 σ 34,8 (80)
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности и появлении нестабильного стереопсиса, мс)	592,4 σ 25,2 (90)	608,4 σ 24,5 (90)	609,2 σ 25 (110)	611,2 σ 25,8 (90)

Таблица 26 – Средние значения длительностей монокулярных фаз, $M \pm \sigma$, (мс) при которых возможно стереовосприятие у детей контрольной группы ($n=167$) в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов 3-го блока

Режимы предъявления стимулов	3-й блок стимулов	
	3а	3б
Режим простого альтернирования	155,7 σ 13,3	139,5 σ 17,3
Режим с «пустым» интервалом (при максимальной длительности «пустого» интервала, мс)	42,6 σ 7,3 (50)	34,6 σ 6,5 (50)
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, когда еще возможен стабильный стереопсис, мс)	560,6 σ 32,9 (120)	555,1 σ 39,3 (140)
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис, мс)	581,7 σ 23,7 (130)	588,3 σ 39,6 (150)

Особенности стереовосприятия тестовых изображений, обладающих разными характеристиками, изучали в сравнении средних значений максимальных длительностей монокулярных фаз для пар тестовых изображений, различающихся горизонтальной или вертикальной ориентацией

элементов, создающих объем; центральным или периферическим расположением элементов, создающих объем; стереоэффектом в виде фронтупараллельного разделения деталей или их наклона (разворота); линейный или случайно-точечные стереостимулы. Результаты сравнения для тестовых изображений 1-го блока представлены в таблице (табл. 27).

Таблица 27 – Статистическая достоверность и значимость разницы средних значений для разных стимулов **1-го** блока у детей контрольной группы (n=167)

Режимы предъявления стимулов	Пары сравниваемых тестовых изображений 1-го блока			
	1а-1б	1в-1г	1а-1в	1б-1г
Простое альтернирование	t=1,9 df 166, p=0,064	t=8,7 df 166 p<0,001	t=14,8 df 166, p<0,001	t=11,3 df 166, p<0,001
Режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности)	t=4,3 df 166, p<0,001	t=3,8 df 166, p<0,001	t=8,7 df 166, p<0,001	t=0,9 df 166, p=0,39
Режимы предъявления стимулов	Пары сравниваемых тестовых изображений 1-го блока			
	1а-1б	1в-1г	1а-1в	1б-1г
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, когда еще возможен стабильный стереопсис)	t=2,7 df 166, p=0,008	t=8,5 df 166, p<0,001	t=6,5 df 166, p<0,001	t=4,0 df 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис)	t=4,7 df 166, p<0,001	t=4,8 df 166, p<0,001	t=5,3 df 166, p<0,001	t=3,8 df 166, p<0,001
<i>Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>				

Установлено, что для тестовых изображений **1а** и **1б** (с горизонтальной и вертикальной ориентацией центральной полосы, создающей эффект фронтупараллельного разделения с периферическими деталями) показатели в режиме простого альтернирования были сопоставимы.

В других режимах средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов с горизонтальной ориентацией полосы были достоверно больше, чем для вертикальной. При этом большая максимальная длительность соответствовала более широкому диапазону длительностей

монокулярных фаз, при которых возможно стереовосприятие, а также, - более легкому возникновению устойчивого стереообраза.

Сравнение тестовых изображений **1в** и **1г** показало, что средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов, создающих эффект наклона центральной вертикальной полосы, достоверно превышали показатели стимулов, создающих эффект разворота центральной горизонтальной полосы во всех режимах предъявления.

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов, создающих эффект фронтопараллельного разделения центральной горизонтальной полосы (**1а**) и периферических элементов во всех режимах, оказались достоверно больше, чем для стимулов, создающих эффект разворота центральной горизонтальной полосы (**1в**).

Такую же закономерность наблюдали при сравнении результатов для стимулов, создающих эффект фронтопараллельного разделения вертикальной центральной полосы с периферическими элементами (**1б**) и результатов для стимулов, создающих эффект наклона вертикальной центральной полосы (**1г**) во всех режимах, кроме режима с «пустым» интервалом (в этом режиме результаты сопоставимы).

В результате сравнения средних значений максимальных длительностей монокулярных фаз для тестовых изображений 2-го блока установлено, что для тестовых изображений с горизонтальной (**2а**) и вертикальной (**2б**) ориентацией периферических полосок, создающих эффект фронтопараллельного разделения с центральным элементом, показатели в режиме с бинокулярной фазой (сохранен стабильный стереопсис) сопоставимы, в других режимах средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимула **2б** достоверно больше, чем для стимула **2а** (табл. 28).

Таблица 28 – Статистическая значимость разницы средних значений для разных стимулов **2-го** блока у детей контрольной группы (n=167)

Режимы предъявления стимулов	Пары сравниваемых тестовых изображений 2-го блока			
	2а-2б	2в-2г	2а-2в	2б-2г
Режим простого альтернирования	t=2,1 <i>df</i> 166, p=0,035	t=9,1 <i>df</i> 166, p<0,001	t=1,7 <i>df</i> 166, p=0,085	t=7,0 <i>df</i> 166, p<0,001
Режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности)	t=2,1 <i>df</i> 166, p=0,035	t=6,2 <i>df</i> 166, p<0,001	t=2,1 <i>df</i> 166, p=0,035	t=16,9 <i>df</i> 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, когда сохраняется стабильный стереопсис)	t=1,0 <i>df</i> 166, p=0,31	t=0,9 <i>df</i> 166, p=0,38	t=1,0 <i>df</i> 166, p=0,31	t=8,2 <i>df</i> 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис)	t=6,1 <i>df</i> 166, p<0,001	t=0,8 <i>df</i> 166, p=0,45	t=6,1 <i>df</i> 166, p<0,001	t=2,7 <i>df</i> 166, p=0,007
<i>Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>				

Для стимулов, создающих эффект разворота горизонтальных периферических полосок (**2в**) и для стимулов, создающих эффект наклона периферических вертикальных полосок (**2г**), средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз сопоставимы в режиме простого альтернирования и в режиме с «пустым» интервалом.

В режиме с бинокулярной фазой показатели для стимула **2г** достоверно больше, чем для стимула **2в**.

Для стимулов **2а** и **2в** в режиме простого альтернирования и в режиме с бинокулярной фазой они были сопоставимы.

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз, обеспечивающие нестабильный стереопсис, оказались достоверно выше для стимула **2в**, но при более высоком значении длительности бинокулярной фазы (110 мс), чем для стимула **2а** (90 мс), что свидетельствовало о более легком возникновении устойчивого стереообраза при наблюдении стимула, создающего эффект фронтопараллельного разделения деталей при меньшей длительности бинокулярной фазы.

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов, создающих эффект наклона периферических вертикальных полосок (2г), были достоверно выше значений стимулов, создающих эффект фронтотопараллельного разделения центрального элемента и периферических вертикальных полосок (2б) во всех режимах их предъявления.

Проведено сравнение средних значений максимальных длительностей монокулярных фаз для разных тестовых изображений 1-го и 2-го блоков. Результаты сравнения представлены в таблице (табл. 29).

Таблица 29 – Статистическая достоверность и значимость разницы средних значений для стимулов 1-го и 2-го блоков у детей контрольной группы (n=167)

Режимы предъявления стимулов	Пары сравниваемых тестовых изображений 1-го и 2-го блока			
	1а-2а	1б-2б	1в-2в	1г-2г
Режим простого альтернирования	t=13,9 df 166, p<0,001	t=13,4 df 166, p<0,001	t=1,3 df 166, p=0,18	t=4,3 df 166, p<0,001
Режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности)	t=9,1 df 166, p<0,001	t=2,8 df 166, p=0,005	t=9,6 df 166, p<0,001	t=13,2 df 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, когда еще возможен стабильный стереопсис)	t=3,8 df 166, p<0,001	t=3,6 df 166, p<0,001	t=12,6 df 166, p<0,001	t=4,3 df 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис)	t=5,3 df 166, p<0,001	t=16,3 df 166, p<0,001	t=19,2 df 166, p<0,001	t=15,9 df 166, p<0,001
<i>Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>				

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов с фронтотопараллельным разделением были достоверно выше при центральном расположении полосок (как горизонтальных, так и вертикальных), чем при периферическом во всех режимах при стабильном стереопсисе. Появление нестабильного стереопсиса наблюдали при достоверно более высоких значениях длительности монокулярных фаз в сочетании с более высокими значениями длительности бинокулярной фазы для стимулов с

периферическим расположением полосок по сравнению с результатами для стимулов с центральным расположением полосок.

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов с эффектом разворота горизонтальных или наклона вертикальных полосок демонстрировали достоверно более высокие значения для стимулов с периферически расположенными полосками (как вертикальными, так и горизонтальными) по сравнению со значениями для стимулов с центрально расположенными полосками почти во всех случаях. Исключение составляют только сопоставимые значения для стимулов **1в-2в** в режиме простого альтернирования. В режимах с бинокулярной фазой более высокие значения монокулярных фаз для стимулов с периферическим расположением полосок сочетались с более высокими значениями бинокулярных фаз, обеспечивающих стереопсис.

Было проведено сравнение значений для стимулов **1-го** и **3-го** блоков, показывающее, что средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов, создающих эффект горизонтального (**3а**) и вертикального (**3б**) цилиндра, выявили достоверно более высокие значения для горизонтального цилиндра, чем для вертикального в режиме простого альтернирования и в режиме с «пустым» интервалом.

В режиме с бинокулярной фазой значения длительностей монокулярных фаз для стимулов **3а** и **3б** были сопоставимы. Значения длительности бинокулярной фазы, обеспечивающей наличие стереозрения были выше для стимула, создающего эффект вертикального цилиндра, чем для стимула, создающего эффект горизонтального цилиндра.

Средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз для случайно-точечных стимулов (**3а** и **3б**) и стимулов с линейными центральными элементами (**1а** и **1б**) достоверно превышали значения для стимулов **1а** и **1б**, почти во всех режимах их предъявления. Исключением стали сопоставимые значения максимальных длительностей монокулярных фаз, при которых

появлялось неустойчивое стереозрение для стимулов **1а** и **3а**. При этом, значения длительности бинокулярной фазы, обеспечивающей наличие стереозрения более чем в два раза были выше для случайно-точечных стимулов (130 мс для стимула **3а** и 150 мс для стимула **3б**), чем для стимулов с линейными центральными элементами (60 мс для стимулов **1а** и **1б**) (табл. 30)

Таблица 30 – Статистическая достоверность и значимость разницы средних значений для разных стимулов **3-го** блока, а также для стимулов **1-го** и **3-го** блоков у детей контрольной группы (n=167)

Режимы предъявления стимулов	Пары сравниваемых тестовых изображений		
	3а-3б	3а-1а	3б-1б
Режим простого альтернирования	t=8,9 df 166, p<0,001	t=16,7 df 166, p<0,001	t=24,5 df 166, p<0,001
Режим с «пустым» интервалом (при его максимальной длительности)	t=10,5 df 166, p<0,001	t=20,6 df 166, p<0,001	t=14,8 df 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее максимальной длительности, когда сохраняется стабильный стереопсис)	t=1,4 df 166, p=0,16	t=5,3 df 166, p<0,001	t=6,0 df 166, p<0,001
Режим с бинокулярной фазой (при ее минимальной длительности, когда появляется нестабильный стереопсис)	t=1,9 df 166, p=0,052	t=1,3 df 166, p=0,19	t=5,9 df 166, p<0,001
<i>Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>			

Обобщая данные, мы выделили некоторые закономерности восприятия стереостимулов у детей без офтальмопатологии:

- 1) Стимулы с эффектом разворота центрального горизонтального линейного элемента и стимулы с эффектом наклона вертикального центрального линейного элемента требуют более коротких монокулярных фаз по сравнению со стимулами, создающими эффект фронтопараллельного разделения деталей.
- 2) Максимальные длительности монокулярных фаз для стимулов с центральными линейными элементами, создающими эффект разворота меньше,

чем для стимулов с центральными линейными элементами, создающими эффект наклона.

3) Значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов с горизонтальной и вертикальной ориентацией центральных линейных элементов, создающей эффект фронтотопараллельного разделения в режиме простого альтернирования сопоставимы, в других режимах для возникновения стереоэффекта со стимулом, содержащим вертикальный центральный элемент, нужна меньшая длительность монокулярных фаз, чем для стимула с горизонтальным центральным элементом.

4) Значения максимальных длительностей монокулярных фаз для стимулов с горизонтальными периферическими линейными элементами, создающими эффект фронтотопараллельного разделения сопоставимы со значениями для стимулов с горизонтальными линейными элементами, создающими эффект разворота в режиме простого альтернирования, но в режиме с бинокулярной фазой требуются более короткие монокулярные и более длительные бинокулярные фазы для возникновения эффекта разворота по сравнению с длительностями, необходимыми для эффекта фронтотопараллельного разделения.

5) Для возникновения стереоэффекта с вертикальными периферическими линейными элементами, создающими эффект фронтотопараллельного разделения деталей изображения, необходимы более короткие монокулярные и более длительные бинокулярные фазы, чем для возникновения стереоэффекта с вертикальными периферическими элементами, создающими эффект наклона.

6) Стереоэффект в виде фронтотопараллельного разделения деталей наблюдается при меньшей длительности монокулярных фаз и большей длительности бинокулярных фаз при периферическом расположении линейных элементов, чем при их центральном расположении.

7) Стереоэффект в виде наклона или разворота линейных элементов наблюдается при меньшей длительности монокулярных фаз и большей

длительности бинокулярной фазы при центральном расположении линейных элементов, чем при периферическом.

8) Для возникновения стереозффекта со случайно-точечными стимулами необходимы менее длительные монокулярные и более длительные бинокулярные фазы, чем со стереостимулами, содержащими линейные элементы, при этом горизонтальная ориентация фигуры, создаваемой случайно-точечной стереограммой воспринимается лучше, чем вертикальная.

Выявленные в контроле закономерности восприятия стереостимулов, обладающих различными характеристиками и предъявляемыми в разных режимах альтернирования, было необходимо для изучения показателей у детей с нарушениями бинокулярного зрения и для адекватных подходов к их функциональной коррекции.

Результаты исследования стереозрения у детей с косоглазием

На следующем этапе работы определяли длительность монокулярных фаз в режиме простого альтернирования, при которой у детей с содружественным косоглазием сохранялась способность к стереовосприятию. Для этого 240 детей с косоглазием разделили на две подгруппы в зависимости от результатов исследования в условиях анаглифного разделения полей зрения с ТБМ.

Первую группу составили 127 детей без явлений устойчивого функционального торможения, из них 97 детей имели содружественное сходящееся косоглазие, 30 детей с содружественное расходящееся косоглазие. Во вторую группу вошли 113 детей с явлениями устойчивого функционального торможения.

Исследование стереовосприятия у детей 1-й группы с косоглазием

Клинические характеристики детей данной группы – в таблице (табл. 31).

Таблица 31 – Клинические характеристики детей 1-й подгруппы с содружественным косоглазием – без явлений ФСП

Клинические характеристики		Дети с косоглазием без ФСП (n=127)
Возраст М±m (годы)		11,3±0,27
Количество в группе мальчиков, абс. число детей (%)		52 (40,9)
Сходящееся косоглазие, абс. число детей (%)		97 (76,4)
Расходящееся косоглазие, абс. число детей (%)		30 (23,6)
Острота зрения лучшевидящего глаза, М±m (усл. ед)		0,88±0,01
Острота зрения хужевидящего глаза, М±m (усл. ед)		0,77±0,02
	Гиперметропическая	97 (76,4)
	Миопическая	25 (19,7)
	Смешанный астигматизм	5 (3,9)
Монолатеральное косоглазие, абс. число детей (%)		36 (28,3)
Альтернирующее косоглазие, абс. число детей (%)		91 (71,7)
КС при исследовании с ТБМ под ОУ, абс. число детей (%)	Устойчивое бинокулярное слияние	78 (61,4)
	Неустойчивое бинокулярное слияние ↔ диплопия	27 (21,3)
	Диплопия	22 (17,3)
Величина девиации на момент исследования, абс. число детей (%)	Ортотропия	35 (27,6)
	До (+)5°	32 (25,2)
	(+)6° - (+) 10°	32 (25,2)
	(+)11° - (+)15°	1 (0,8)
	До (-)5°	15 (11,8)
	(-)6° - (-) 10°	9 (7,1)
	(-)11° - (-)15° (22,0 - 30,0 пр. дптр.)	3 (2,4)
<i>Примечания: ОУ- объективный угол косоглазия, ФСП – функциональная скотома подавления, ТБМ – тест Баголини модифицированный</i>		

Результаты исследования стереовосприятия у детей с косоглазием и детей контрольной группы представлены в таблице (табл. 32).

Таблица 32 – Длительности монокулярных фаз, при которых возможно стереовосприятие у детей 1-й группы с содружественным косоглазием и детей контрольной группы в режиме простого альтернирования стереостимулов

Стереотесты	Дети с косоглазием, способные к стереовосприятию с альтернирующими стимулами (n=127)			Дети контрольной группы (n=167)
	МФ max, M±σ (мс)	МФ min, M±σ (мс)	МФ диапазон, M±σ (мс)	МФ max, M±σ (мс)
aa	100,87 σ 15,37	35,83 σ 7,98	65,04 σ 17,65	182,69 σ 14,7
1б	135,75 σ 13,49	33,1 σ 8,28	102,68 σ 15,24	185,57 σ 15,58
1в	85,35 σ 12,54	41,18 σ 9,61	44,17 σ 9,92	158,14 σ 13,16
1г	94,1 σ 15,02	37,16 σ 9,3	56,93 σ 16,67	169,04 σ 11,33
2а	110,79 σ 10,84	38,66 σ 8,26	72,13 σ 12,9	163,05 σ 12,32
2б	142,6 σ 14,43	33,7 σ 8,58	108,9 σ 16,37	165,63 σ 11,24
2в	102,52 σ 12,55	44,02 σ 10,7	58,5 σ 15,68	160,36 σ 15,39
2г	110,71 σ 12,62	36,85 σ 7,6	73,86 σ 13,92	175,03 σ 13,92
3а	63,08 σ 11,36	30,68 σ 8,97	32,4 σ 5,71	155,69 σ 15,3
3б	54,87 σ 10	28,85 σ 7,16	26,02 σ 10,17	139,52 σ 17,33

В таблице указаны только средние значения максимальных длительностей монокулярных фаз контрольной группы, в которой сохранялась способность к стереовосприятию и при минимальной длительности монокулярных фаз, и при статичном (неальтернирующем) предъявлении изображений. Таким образом, для группы контроля выявлено ограничение только со стороны максимальных длительностей монокулярных фаз. У детей с косоглазием способность к стереовосприятию выявлялась в пределах диапазона максимальных и минимальных длительностей монокулярных фаз. Средние значения минимальных длительностей монокулярных фаз составляли от 33,1 σ 8,28 мс до 41,18 σ 9,61 мс для 1-го блока тестовых изображений, от 33,7 σ 8,58 мс до 44,02 σ 10,7 мс для 2-го блока тестовых изображений и были несколько меньше (28,85 σ 7,16 - 30,68 σ 8,97) для случайно-точечных стереоизображений.

В контрольной группе средние значения максимальной длительности монокулярных фаз достоверно превышали значения детей с косоглазием для

всех изображений: для тестового изображения **1а** - $t=46,2$ df 292, $p<0,001$; **1б** - $t=28,7$ df 292, $p<0,001$; **1в** - $t=47,8$ df 292, $p<0,001$; **1г** - $t=46,8$ df 292, $p<0,001$; **2а** - $t=37,8$ df 292, $p<0,001$; **2б** - $t=14,8$ df 292, $p<0,001$; **2в** - $t=34,4$ df 292, $p<0,001$; **2г** - $t=41,2$ df 292, $p<0,001$; **3а** - $t=52,7$ df 243, $p<0,001$; **3б** - $t=48,1$ df 243, $p<0,001$.
 Результаты сравнения представлены в таблице (табл. 33).

Таблица 33 - Статистическая значимость разницы средних значений максимальных длительностей, а также диапазонов между средними значениями максимальных и минимальных длительностей монокулярных фаз, при которых возможно стереовосприятие с разными стимулами у детей 1-й группы ($n=127$)

Пары сравниваемых тестовых изображений	МФ max	МФ диапазон
1а – 1б	$t=19,1$ df 126, $p<0,001$	$t=17,4$ df 126, $p<0,001$
1а – 1в	$t=9,4$ df 126, $p<0,001$	$t= 12,1$ df 126, $p<0,001$
1б – 1г	$t=21,5$ df 126, $p<0,001$	$t=20,5$ df 126, $p<0,001$
2а – 2б	$t=19,5$ df 126, $p<0,001$	$t=19,2$ df 126, $p<0,001$
2в – 2г	$t=5,3$ df 126, $p<0,001$	$t=8,0$ df 126, $p<0,001$
1а – 2а	$t=5,9$ df 126, $p<0,001$	$t=3,6$ df 126, $p<0,001$
1б – 2б	$t=3,8$ df 126, $p<0,001$	$t=3,1$ df 126, $p=0,003$
1в – 2в	$t=11,0$ df 126, $p<0,001$	$t=8,5$ df 126, $p<0,001$
1г – 2г	$t=9,5$ df 126, $p<0,001$	$t=9,3$ df 126, $p<0,001$
3а – 3б	$t=6,7$ df 126, $p<0,001$	$t=5,2$ df 126, $p<0,001$
<i>Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – статистическая значимость</i>		

Сравнивая длительности монокулярных фаз при которых возможно стереовосприятие у детей с косоглазием, отмечали более высокие значения максимальных длительностей монокулярных фаз для тестового изображения **1б** по сравнению с тестовым изображением **1а**, а также более высокие значения величины диапазонов между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз для тестового изображения **1б** по сравнению с тестовым изображением **1а**. Следовательно, стереоэффект возникает легче с тестовыми изображениями, создающими при успешной фузии эффект

фронтальнопараллельного разделения центральной вертикальной полосы и периферических элементов, чем с изображениями, создающими при успешной фузии эффект фронтальнопараллельного разделения центральной горизонтальной полосы и периферических элементов. Максимальная длительность и диапазон между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз была выше для теста **1а** по сравнению с тестом **1в**. Полагаем, что при косоглазии, как и в контроле, стереоэффект легче возникает с тестовым изображением, создающим эффект фронтальнопараллельного разделения центральной горизонтальной полосы и периферических элементов, чем с тестовым изображением, создающим эффект разворота центральной горизонтальной полосы вокруг вертикальной оси. Подобную картину наблюдали и при сравнении восприятия тестов **1б** и **1г** у детей с косоглазием. Значения максимальных длительностей и диапазона между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз теста **1б** достоверно превышали значения теста **1г**. Можно заключить, что у детей с косоглазием, как и в контроле, стереоэффект возникал легче с тестовыми изображениями, создающими эффект фронтальнопараллельного разделения центральной вертикальной полосы и периферических элементов по сравнению с тестовыми изображениями, создающими эффект наклона центральной вертикальной полосы. У детей с косоглазием значения максимальных длительностей и величина диапазона между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз в тестах с периферическим расположением вертикальных полосок оказались достоверно более высокими для теста **2б**, чем для теста **2а**. Следовательно, стереоэффект возникает легче с тестовыми изображениями, создающими при успешной фузии эффект фронтальнопараллельного разделения центрального элемента и периферических **вертикальных** полосок, чем с тестовыми изображениями, создающими эффект разделения центрального элемента и периферических **горизонтальных** полосок. У детей с косоглазием значения максимальных длительностей и диапазонов между максимальными и

минимальными длительностями монокулярных фаз теста **2г** превышали значения теста **2в**. Стереозффект с тестовыми изображениями, создающими эффект наклона периферических вертикальных полосок, возникал легче, чем с изображениями, создающими эффект разворота периферических горизонтальных полосок у детей с косоглазием и в контроле.

Сравнительный анализ показал, что стереозффект возникает легче с тестовыми изображениями, содержащими периферически расположенные полоски (как горизонтальные, так и вертикальные), чем центрально расположенные. При этом, значения максимальных длительностей и величины диапазонов между минимальными и максимальными значениями монокулярных фаз для теста **1а** достоверно превышали показатели для теста **2а**. Значения максимальных длительностей монокулярных фаз и величины диапазонов между минимальными и максимальными значениями теста **1б** достоверно превышали значения теста **2б**.

Аналогичные показатели теста **1в** превышали значения теста **2в**, а значения теста **1г** были достоверно более высокими по сравнению с тестом **2г**. Показано, что у детей с косоглазием, как и у детей группы контроля стереозффект с тестом, создающим эффект горизонтального цилиндра, возникает легче, чем с создающим фигуру вертикального цилиндра.

Значения максимальных длительностей и величины диапазонов между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз для теста **3а** были достоверно более высокими по сравнению с тестом **3б**.

На следующем этапе работы мы изучали способность к стереовосприятию детей без ФСП в разных режимах предъявления стимулов. Результаты представлены в таблицах (табл. 34).

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%.

Таблица 34 - Распределение детей с косоглазием 1-й группы (n=127) в зависимости от длительностей монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами **1-го блока** (абсолютное число детей)

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
Стимул 1а														
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							
Стимул 1б														
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							

Продолжение таблицы 34

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
Стимул 1в														
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														
Стимул 1г														
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							

Результаты, полученные для тестовых изображений **1а** и **1б** в данной группе детей, свидетельствуют о том, что способность к стереовосприятию у большинства детей возможна не только в режиме простого альтернирования, но и в режиме с наличием «пустого» интервала и в режиме с бинокулярной фазой.

Заметим, 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 с тестом **1а** и 15 (11,8%) детей с тестом **1б** были способны к стереовосприятию при длительностях монокулярных фаз 50мс и 60мс. При большей длительности пустого интервала стереовосприятие исчезало у всех детей.

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 мс до 150 мс.

Нужно отметить, что результаты, полученные для тестовых изображений **1а**, **1б**, **1в** и **1г** в данной группе детей, были сходными. Различие состояло в том, что для сохранения стереоэффекта в тестовых изображениях **1в** (эффект разворота центральной горизонтальной полосы) и **1г** (эффект наклона центральной вертикальной полосы) монокулярные фазы требовались более короткие, чем для тестовых изображений **1а** и **1б** (эффект фронтопараллельного разделения).

Результаты исследования стереозрения у детей 1-й группы с косоглазием со стимулами 2-го блока представлены в таблице (табл. 35).

Таблица 35 - Распределение детей с косоглазием 1-й группы (n=127) в зависимости от длительностей монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 2-го блока (абсолютное число детей)

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
	Стимул 2а													
160							1	1	1					
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								

Продолжение таблицы 35

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
Стимул 2б														
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				
20				2	2	2								
Стимул 2в														
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								
Стимул 2г														
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	127	112	75	58	45	3	
40	12	80	127	127	127	127	106	76	65	12	10	5		
30		110	90	120	120	120	85	30	22	5				
20		2	2	2	2	2	2							

Показатели для тестовых изображений первого и второго блока, были аналогичны. Как правило, значения монокулярных длительностей при которых у детей наблюдали стереоэффект с тестами второго блока (содержащими

центрально расположенные горизонтальные или вертикальные полосы) были меньше, чем с тестами первого блока (периферически расположенные полосы).

Результаты измерений со стимулами 3-го блока представлены в таблице (табл. 36).

Таблица 36 - Распределение детей с косоглазием 1-й группы (n=78) в зависимости от длительностей монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ), при которых они способны к стереовосприятию со стимулами 3-го блока (абсолютное число детей)

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
Стимул 3а														
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					
Стимул 3б														
80														
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					

Данные для тестовых изображений **3а** и **3б**, 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 способности детей к стереовосприятию. При длительности бинокулярной фазы больше 30 мс стереоэффект исчезал у всех детей независимо от длительности монокулярной фазы.

Исследование стереовосприятия у детей 2-й группы с косоглазием

Способность к стереовосприятию изучали в условиях альтернирующего предъявления стимулов во 2-й группе детей с содружественным косоглазием, включавшей 113 детей с устойчивой ФСП, выявленной на предыдущих этапах диагностического обследования.

Характеристики детей этой группы представлена в таблице (табл. 37).

Таблица 37 - Клинические характеристики детей 2-й группы с косоглазием

Клинические характеристики		Дети 2-й группы (ФСП) (n=113)
Возраст $M \pm m$ (годы)		10,5 \pm 0,31
Количество в группе мальчиков, абс. число детей (%)		65 (57,5)
Сходящееся косоглазие абс. число детей (%)		93 (82,3)
Расходящееся косоглазие абс. число детей (%)		20 (17,7)
Корригированная острота зрения ЛВГ, $M \pm m$ (усл. ед)		0,83 \pm 0,07
Корригированная острота зрения ХВГ, $M \pm m$ (усл. ед.)		0,58 \pm 0,02
Рефракция, абс. число детей (%)	Эмметропическая	1 (0,9)
	Гиперметропическая	98 (86,7)
	Миопическая	13 (11,5)
	Смешанный астигматизм	1 (0,9)
Монолатеральное косоглазие, абс. число детей (%)		40 (35,4)
Альтернирующее косоглазие, абс. число детей (%)		73 (64,6)
Корреспонденция сетчаток при исследовании с ТБМ под ОУ, абс. число детей (%)	ФСП \leftrightarrow диплопия	14 (12,4)
	ФСП \leftrightarrow бинокулярным слияние	45 (39,8)
	Устойчивая регионарная ФСП	31 (27,4)
	Тотальная ФСП	23 (20,4)
Величина девиации на момент исследования, абс. число детей (%)	Ортотропия	27 (23,9)
	До (+)5°	27 (23,9)
	(+)6° - (+) 10°	33 (29,3)
	(+)11° - (+)20°	8 (7,1)
	До (-)5°	5 (4,4)
	(-)6° - (-) 10°	8 (7,1)
	(-)11° - (-)20°	5 (4,4)
Примечания: ОУ- объективный угол косоглазия, ФСП – функциональная скотома подавления, ТБМ – тест Баголини модифицированный, ЛВГ -лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз.		

Результаты исследования способности к стереовосприятию детей 2-й группы с тестами 1-го и 2-го блока в разных режимах альтернирующего предъявления стимулов представлены в таблицах (табл. 38-39).

Таблица 38 - Распределение детей с косоглазием 2-й подгруппы (n=113) в зависимости от длительностей монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ) при которых они способны к стереовосприятию со стимулами **1-го блока** (абсолютное число детей)

МФ, мс	ПИ, мс							БФ, мс						
	70	60	50	40	30	20	0	20	30	40	50	60	70	
Стимул 1а														
90		10	10	10	15	5								
80		38	40	40	27	5								
70	45	53	65	65	38	7								
60	46	51	85	80	45	12								
50	43	52	85	80	57	15								
40	45	57	70	75	37	15								
30		36	30	25	25	7								
Стимул 1б														
90		9	10	10	12	3								
80		38	40	40	27	5								
70	25	53	65	65	38	8								
60	46	65	80	80	45	12								
50	44	52	90	83	57	15								
40	41	57	70	75	37	13								
30		36	30	27	25	7								
Стимул 1в														
90			3	9	9									
80		8	40	40	27	5								
70	5	43	50	50	35	8								
60	7	45	65	60	45	10								
50	9	52	70	63	57	6								
40	3	57	70	63	37	6								
30		36	30	27	25									
Стимул 1г														
90			3	9	9									
80		8	40	40	27	5								
70	5	43	50	50	35	8								
60	9	45	55	55	45	10								
50	9	52	72	65	57	7								
40	7	57	70	75	37	6								
30		36	35	29	25									

Таблица 39 - Распределение детей с косоглазием 2-й подгруппы (n=113) в зависимости от длительностей монокулярных фаз (МФ), бинокулярной фазы (БФ) и пустого интервала (ПИ) при которых они способны к стереовосприятию со стимулами **2-го блока** (абсолютное число детей)

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

Установлено, что 23 (20,3%) из 113 детей данной подгруппы не были способны к восприятию стереоэффекта. У всех этих детей выявлялась устойчивая тотальная ФСП (монокулярное зрение) по данным синоптофора,

модифицированного теста Баголини, по четырехточечному цветотесту. У остальных 90 детей стереозффект имел разные характеристики с в зависимости от структуры стереостимулов и режимов их предъявления. При исследовании с тестами первого блока характерным признаком являлось наличие у детей стереозффекта только при использовании стереостимулов в режиме с наличием «пустого» интервала при его длительности составляющей от 20 мс до 70 мс в сочетании с продолжительностью монокулярных фаз от 30 до 90 мс. При этом максимальное количество детей, способных к стереовосприятию, выявляли при 30-60 мс длительности пустого интервала в сочетании с такой же длительностью монокулярных фаз.

Отличие результатов исследования с тестами второго блока состояло в том, что некоторые дети были способны к стереовосприятию в режиме простого альтернирования (25 детей с тестами **1а** и **1б**, 5 детей – с тестом **1в** и 10 детей – с тестом **1г**). Наибольшее количество детей, способных к стереовосприятию, выявляли при предъявлении стимулов в режиме с «пустым» интервалом длительностью 30-60 мс с длительностью монокулярных фаз 40-60 мс. При этом стереозффект с периферически расположенными полосками мог возникать у детей 2-й группы, несмотря на проявления ФСП центрального элемента (в виде подавления восприятия деталей центрального элемента, соответствующих одному из глаз).

Со случайно-точечными тестовыми изображениями (**3а** и **3б**) никто из детей данной группы не был способен к стереовосприятию.

Все полученные результаты, характеризующие особенности стереозрения пациентов с косоглазием без ФСП и с разной степенью выраженности функционального торможения, были использованы нами в дальнейшем для индивидуального подбора стимулов и оптимального режима их предъявления в процессе функционального лечения.

3.1.9 Исследование зрительных иллюзий у детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения

Для более полного представления о возможностях детей с нарушениями бинокулярных зрительных функций адекватно воспринимать зрительную информацию в условиях, создаваемых современными виртуальными видеосистемами, активно используемыми в повседневной жизни и образовательный процессе, одной из задач нашей работы явился поиск диагностических методов для оценки проявлений зрительных иллюзий у детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения. Выявление особенностей восприятия зрительных иллюзий имеет большое значение не только для понимания сути проблем, с которыми дети с офтальмопатологией могут сталкиваться при работе с современными видеосистемами, но и для поиска путей их устранения, поскольку именно неоднозначность информации о глубине в двумерных изображениях может быть причиной многих опико-геометрических иллюзий, иллюзий яркости и светлоты.

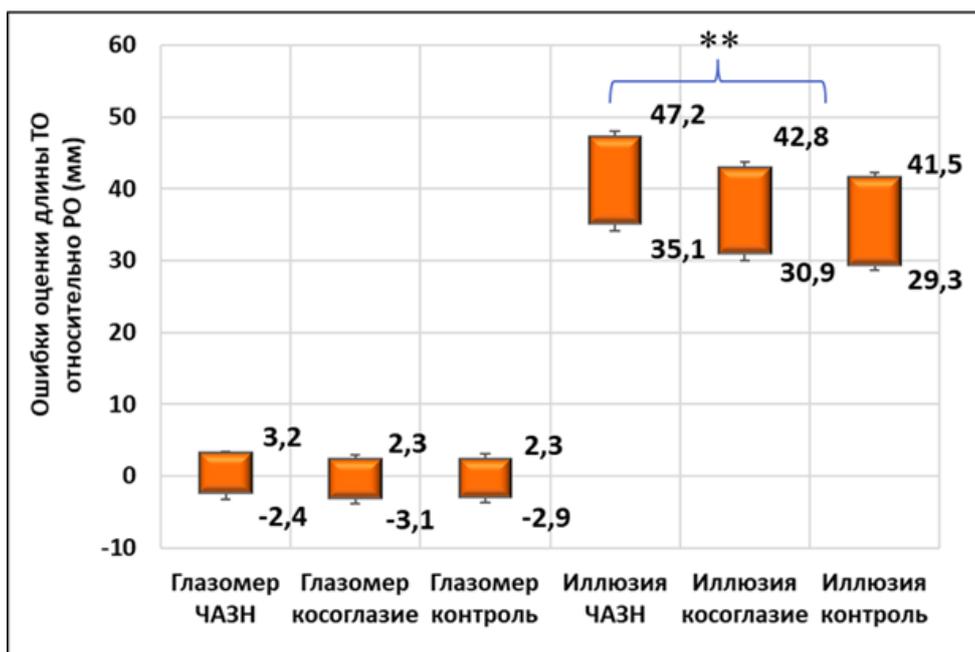
3.1.9.1 Результаты количественной оценки иллюзии Мюллера-Лайера

Всего было обследовано 406 детей школьного возраста, которые были разделены на 3 группы:

- 1) 106 детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН;
- 2) 154 ребенка с содружественным косоглазием;
- 3) 146 детей контрольной группы без офтальмопатологии.

Данные группы включали тех же детей, которые были обследованы в предыдущем разделе работы, посвященному исследованию стереокинетического эффекта (см. раздел 3.1.7).

Результаты исследования диапазона существования иллюзии Мюллера-Лайера у детей трех обследованных групп представлены на диаграмме (рис. 38).



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 38 - Диапазоны ошибок оценки длины ТО относительно РО в фигурах для глазомера и в фигурах Мюллера-Лайера в трех группах детей

Анализируя представленные на диаграмме данные для каждой группы школьников по t-критерию для связанных выборок, нужно отметить систематический сдвиг TO_{min} и TO_{max} для диапазона существования иллюзии на значительно более высокий уровень по сравнению с TO_{min} и TO_{max} для глазомера во всех исследуемых группах ($p < 0,001$). При сравнении диапазона существования иллюзии в разных группах детей, установлено, что наибольшие показатели наблюдаются в группе детей с ЧАЗН по сравнению с детьми других групп ($p < 0,001$).

Проводили также корреляционный анализ по Пирсону максимальных значений выраженности иллюзии (TO_{max}) от возраста детей в каждой исследуемой группе. Результаты анализа демонстрируют наличие слабой отрицательной корреляционной связи во всех группах детей: у детей с ЧАЗН $r = -0,50$ df 104, $p < 0,001$; у детей с содружественным косоглазием $r = -0,37$ df 152, $p < 0,001$; в контрольной группе $r = -0,25$ df 144, $p < 0,002$.

3.1.9.2 Исследование диапазона существования иллюзии Поггендорффа при помощи разработанного способа количественной оценки

Исследование иллюзии Поггендорффа проводилось в тех же группах детей что и исследование иллюзии Мюллера-Лайера:

- 1) 106 детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН;
- 2) 154 ребенка с содружественным косоглазием;
- 3) 146 детей контрольной группы без офтальмопатологии.

Для количественной оценки иллюзии Поггендорффа, использовали тестовые изображения, содержащие фигуру Поггендорффа, и простые линии для исследования глазомера [336, 343, 320]. Тестовые изображения предъявляли в центральной области экрана монитора на белом фоне. Положение параллельных линий в «классической» фигуре Поггендорффа соответствовало 90° , тестовый отрезок (ТО) и референтный отрезок (РО) располагались под углом 45° к параллельным линиям.

Представлено 12 вариантов положения ТО относительно РО (как для глазомера, так и для иллюзии). На исходном тестовом изображении (вариант №1) ТО и РО соответствуют одной прямой линии. В тестовых изображениях с №2 по №4 смещение тестового отрезка вниз составляет соответственно (-)2, (-)4 и (-)6 мм по отношению к исходному «нулевому» положению. В тестовых изображениях с №5 по №12 – смещение тестового отрезка вверх составляет соответственно 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 мм. РО — референтный отрезок, ТО — тестовый отрезок

Размер каждого тестового изображения составлял на экране 6x8 см, толщина линий 2 мм. Использовали по 12 вариантов положения ТО относительно РО (как для глазомера, так и для иллюзии). В исходном тестовом изображении (вариант №1) ТО и РО соответствовали одной прямой линии (сдвиг тестового отрезка равен 0). В тестовых изображениях с №2 по №4 смещение тестового отрезка вниз по отношению к исходному «нулевому»

положению составляло (-)2, (-)4 и (-)6 мм соответственно. В тестовых изображениях с №5 по №12 – смещение тестового отрезка вверх составляло соответственно 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 мм. Дополнительно был создан диагональный вариант ориентации тестовых изображений с такими же вариантами смещений ТО относительно РО. Все детали изображения в диагональном варианте иллюзии Поггендорффа и в соответствующем ему тестовом изображении для глазомера были повернуты на 20° относительно от их положения в исходных классических фигурах (рис. 39).

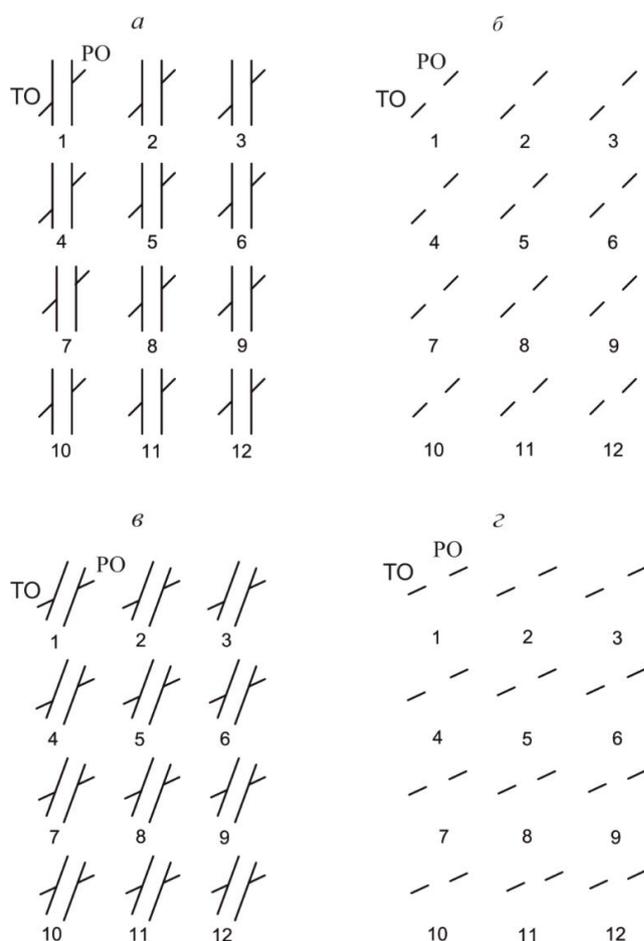


Рисунок 39 - Тестовые фигуры, разработанные для количественной оценки диапазона существования иллюзии Поггендорффа (а, в) и глазомера (б, г), соответствующие классической (а, б) и диагональной (в, г) ориентации фигуры Поггендорффа

Последовательность предъявления фигуры Поггендорффа и теста для глазомера во время исследования меняли в случайном порядке. Расстояние от монитора до глаз испытуемого составляло 50 см, положение головы фиксировали при помощи подбородной подставки. В каждой фигуре ТО был слева, а РО - справа. Задача испытуемого являлось оценить положение ТО относительно РО.

Количественную оценку выраженности иллюзии проводили с учетом минимальных и максимальных значений смещений ТО относительно РО (в мм) при которых данные отрезки кажутся испытуемому расположенными на одной прямой линии (диапазон между TO_{max} и TO_{min}) (рис. 40).

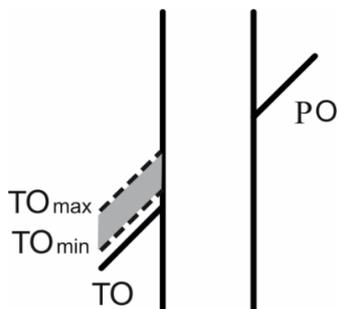


Рисунок 40 – Схематичное изображение диапозона между TO_{min} и TO_{max} в пределах которого ТО воспринимается испытуемым как находящийся на одной прямой линии с РО

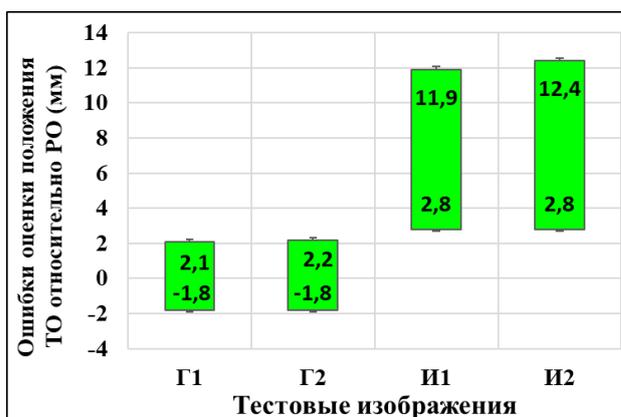
Результаты исследования диапозона существования иллюзии Поггендорфа у школьников с офтальмопатологией и школьников контрольной группы представлены на рисунке (рис. 41).



а)



б)



в)

Рисунок 41 - Диапазоны ошибок оценки положений ТО относительно РО в фигурах для глазомера и в фигурах Поггендорфа при классической и диагональной ориентации стимулов в группах детей: а) с ЧАЗН, б) с содружественным косоглазием, в) без офтальмопатологии

По вертикали – средний диапазон для максимальных и минимальных значений $TO=PO$ для иллюзии и глазомера. По горизонтали: Г1 – значения для

глазомера, соответствующего классической ориентации фигуры Поггендорфа; Г2 – значения для глазомера, соответствующего диагональной ориентации фигуры Поггендорфа; И1 – фигура Поггендорфа в классической ориентации; И2 – фигура Поггендорфа в диагональной ориентации.

Анализ по t-критерию для связанных выборок выявил систематический сдвиг TO_{min} и TO_{max} для диапазона существования иллюзии на гораздо более высокий уровень по сравнению с диапазоном ошибок глазомера во всех группах детей. Результаты сравнения TO_{min} и TO_{max} представлены в таблице (табл. 40).

Таблица 40 – Статистическая значимость разницы показателей TO_{min} и TO_{max} для классической и диагональной ориентаций тестовых изображений у детей трех групп (по t-критерию для связанных выборок)

Группы детей	Ориентация тестовых фигур	Сравниваемые пары значений	
		TO_{min} И - TO_{min} Г	TO_{max} И - TO_{max} Г
ЧАЗН (n=106)	классическая	t=19,73 df 105, p<0,001	t=43,07 df 105, p<0,001
	диагональная	t=19,34 df 105, p<0,001	t=50,01 df 105, p<0,001
Косоглазие (n=154)	классическая	t=27,21 df 153, p<0,001	t=49,48 df 153, p<0,001
	диагональная	t=26,98 df 153, p<0,001	t=26,98 df 153, p<0,001
Контроль (n=146)	классическая	t=22,01 df 145, p<0,001	t=54,1 df 145, p<0,001
	диагональная	t=22,19 df 145, p<0,001	t=54,02 df 145, p<0,001

Примечание: t – Критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Диапазон ошибок для Г2 был выше, чем для Г1 в группах детей с офтальмопатологией (t=2,03 df 105, p=0,045 в группе ЧАЗН и t=2,49 df 153, p=0,014 в группе с косоглазием). В контрольной группе достоверная разница не выявлялась (t=1,42 df 145, p=0,16). Диапазон существования иллюзии Поггендорфа при диагональной ориентации тестовой фигуры был достоверно больше чем при ее классической ориентации во всех группах детей (t=7,72 df 105, p<0,001 в группе детей с ЧАЗН; t=6,56 df 153, p<0,001 в группе детей с косоглазием и t=4,1 df 145, p<0,001 в контрольной группе).

Сравнивали также диапазон существования иллюзии при классической и диагональной ориентациях тестовой фигуры во всех группах детей (табл. 41).

Таблица 41 – Статистическая значимость разницы показателей диапазона существования иллюзии Поггендорфа при сравнении результатов в разных группах детей

Сравниваемые пары значений	Ориентация тестовых фигур	
	классическая	диагональная
ЧАЗН – косоглазие	t=3,47 df 258, p=0,001	t=5,03 df 258, p<0,001
ЧАЗН – Контроль	t=2,48 df 250, p=0,014	t=3,99 df 250, p<0,001
Косоглазие – контроль	t=1,37 df 298, p=0,17	t=1,36 df 298, p=0,18
<i>Примечание: t – Критерий Стьюдента для независимых выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>		

Показано, что диапазон существования иллюзии у детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН достоверно больше, чем у детей с содружественным косоглазием, а также достоверно больше, чем у детей контрольной группы. Отсутствовала разница диапазона существования иллюзии в группе детей с содружественным косоглазием и детей контрольной группы.

Проведен корреляционный анализ по Пирсону зависимости диапазона существования иллюзии от возраста детей в каждой группе (табл. 42).

Таблица 42 – Статистическая значимость коэффициента корреляции диапазона существования иллюзии от возраста детей в каждой исследуемой группе при разной ориентации тестовых фигур

Группы детей	Ориентация стимула	Кэффицент корреляции
ЧАЗН (n=106)	классическая	r= -0,214 df 104, p=0,028
	диагональная	r= -0,128 df 104, p=0,19
Косоглазие (n=154)	классическая	r= -0,472 df 152, p<0,001
	диагональная	r= -0,309 df 152, p<0,001
Контроль (n=146)	классическая	r= -0,516 df 144, p<0,001
	диагональная	r= -0,405 df 144, p<0,001
<i>Примечания: r – Коэффициент корреляции Пирсона, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>		

Результаты демонстрируют в группе детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН наличие слабой отрицательной корреляционной связи для

классической ориентации тестовых фигур и отсутствие зависимости от возраста для их диагональной ориентации. В группе детей с косоглазием отмечается слабая отрицательная корреляционная связь диапазона существования иллюзии с возрастом для обеих ориентаций тестовой фигуры. В контроле выявлена средняя отрицательная корреляционная связь для классической ориентации тестовых фигур и слабая отрицательная корреляционная связь для их диагональной ориентации.

Полученные данные демонстрируют влияние офтальмопатологии на проявления иллюзии Поггендорфа у детей школьного возраста. При этом наиболее выраженное влияние офтальмопатологии среди обследованных групп детей наблюдается у пациентов с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН, имеющих не только нарушения бинокулярных функций, но и серьезные дегенеративные изменения сетчатки и зрительного нерва. Увеличение диапазона существования иллюзии и меньшее влияние возраста на силу ее проявления у детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН по сравнению с контрольной группой и даже группой детей с косоглазием может свидетельствовать о замедленном развитии зрительных функций у детей, имеющих нарушения бинокулярного зрения в сочетании с органической патологией.

3.1.9.3 Результаты количественной оценки иллюзии вращения неоднозначных фигур

Исследование иллюзии вращения неоднозначных фигур проводилось в тех же группах детей что и исследование предыдущих иллюзий:

- 1) 106 детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН;
- 2) 154 ребенка с содружественным косоглазием;
- 3) 146 детей контрольной группы без офтальмопатологии.

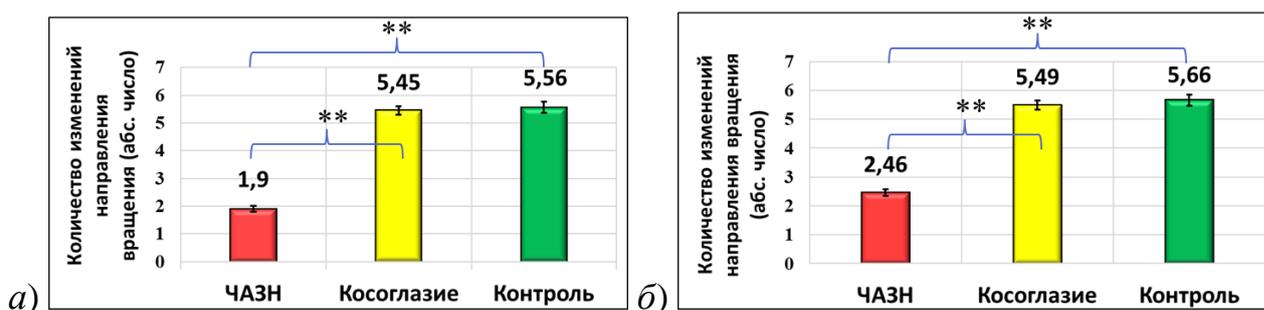
На первом этапе исследования данной иллюзии анализировали начальное направление вращения неоднозначных фигур («Куба Неккера» и «Фигуры человека»). Полученные результаты в таблице (табл. 43).

Таблица 43 – Начальное направление вращения неоднозначных фигур в исследуемых группах детей

Стимулы	Начало вращения	Группы детей		
		ЧАЗН (n=106)	Косоглазие (n=154)	Контроль (n=146)
Куб Неккера	Против часовой стрелки, абс. число детей (%)	91 (85,8%)	119 (77,3%)	117 (80,1%)
	По часовой стрелке, абс. число детей (%)	15 (14,2%)	35 (22,7%)	29 (19,9%)
Фигура человека	Против часовой стрелки, абс. число детей (%)	86 (81,1%)	124 (80,5%)	120 (82,2%)
	По часовой стрелке, абс. число детей (%)	20 (18,9%)	30 (19,5%)	26 (17,8%)

Установлено, что во всех исследуемых группах преобладало количество детей с начальным направлением вращения неоднозначных фигур (как куба Неккера, так и фигуры человека) против часовой стрелки, что соответствует полученным в более ранних работах результатами исследования на здоровых взрослых испытуемых [Feoktistova, 2010].

Определяли также количество изменений направления вращения неоднозначных фигур (рис. 42).



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 42 - Сравнение количества изменений направления вращения неоднозначных фигур: а) Куба Неккера, б) Фигуры человека

Анализ показал, что среднее значение изменения направления вращения куба Неккера в группе детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН

достоверно ниже среднего значения в группе с косоглазием ($t=18,22$ df 258, $p<0,001$) и детей контрольной группы ($t=15,79$ df 250, $p<0,001$).

Для фигуры человека среднее значение изменения направления вращения в группе с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН также было значительно ниже, чем в группе с косоглазием ($t=15,48$ df 258, $p<0,001$) и контроле ($t=14,19$ df 250, $p<0,001$).

Не выявлено разницы между группой детей с косоглазием и контролем как для куба Неккера ($t=0,44$ df 298, $p=0,66$), так и для фигуры человека ($t=0,68$ df 298, $p=0,5$).

Результаты анализа возрастной динамики данных иллюзий представлены в таблице (табл. 44).

Таблица 44 – Статистическая значимость коэффициента корреляции количества изменений направления вращения неоднозначных фигур («Куба Неккера» и для «Фигуры человека») от возраста детей в каждой исследуемой группе

Группы детей	Ориентация тестовой фигуры	Кэффицент корреляции
Дети с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН (N=106)	Куб Неккера	$r= -0,47$ df 104, $p<0,001$
	Фигура человека	$r= -0,23$ df 104, $p<0,019$
Дети с содружественным косоглазием (N=154)	Куб Неккера	$r= -0,53$ df 152, $p<0,001$
	Фигура человека	$r= -0,45$ df 152, $p<0,001$
Дети контрольной группы (N=146)	Куб Неккера	$r= -0,69$ df 144, $p<0,001$
	Фигура человека	$r= -0,67$ df 144, $p<0,001$
<i>Примечания: r – коэффициент корреляции Пирсона, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>		

Результаты корреляционного анализа демонстрируют наличие слабой отрицательной корреляционной связи в группе детей с вторичным косоглазием на фоне ЧАЗН с количеством изменений направления вращения неоднозначных фигур. При содружественном косоглазии выявлена средняя отрицательная корреляционная связь для куба Неккера и слабая отрицательная связь для фигуры человека. В контроле имелась средняя отрицательная корреляционная связь как для куба Неккера, так и для фигуры человека. Таким образом нужно

отметить некоторое уменьшение количества изменений направления вращения у старших школьников по сравнению с младшими как в норме, так и при указанных выше видах офтальмопатологии.

3.1.9.4 Разработанный метод количественной оценки иллюзии «мерцающей решетки»

Тестовые изображения для исследования проявлений иллюзии мерцающей решетки были разработаны нами на основе классических изображений, вызывающих эту иллюзию [228, 161, 307] (рис. 43).

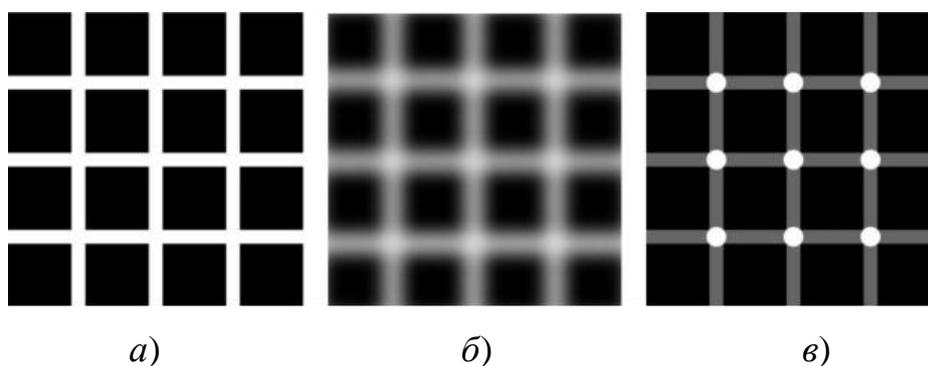


Рисунок 43 - Классические тестовые изображения, вызывающие иллюзию мерцающей решетки: а) Решетка Германа, б) Решетка Бергена, в) «Мерцающая» решетка

В нашей модификации тестовых изображений, вызывающей иллюзию мерцающей решетки, использовали изображения черных квадратов, размером 51x51 мм, с серыми пересекающимися под прямым углом полосами шириной 1,5. В местах пересечения серых полос фигуры содержали белые диски с тонким черным ободком (0,2 мм). Четыре белых диска были локализованы в центральной зоне и четыре – на периферии квадрата. Были использованы также повернутые на 45° тестовые изображения. Размер черных квадратов и ширина серых линий во всех тестовых изображениях оставались одинаковыми. Диаметр дисков в тестовых фигурах 1а и 1б составлял 1,5 мм (рис. 44).

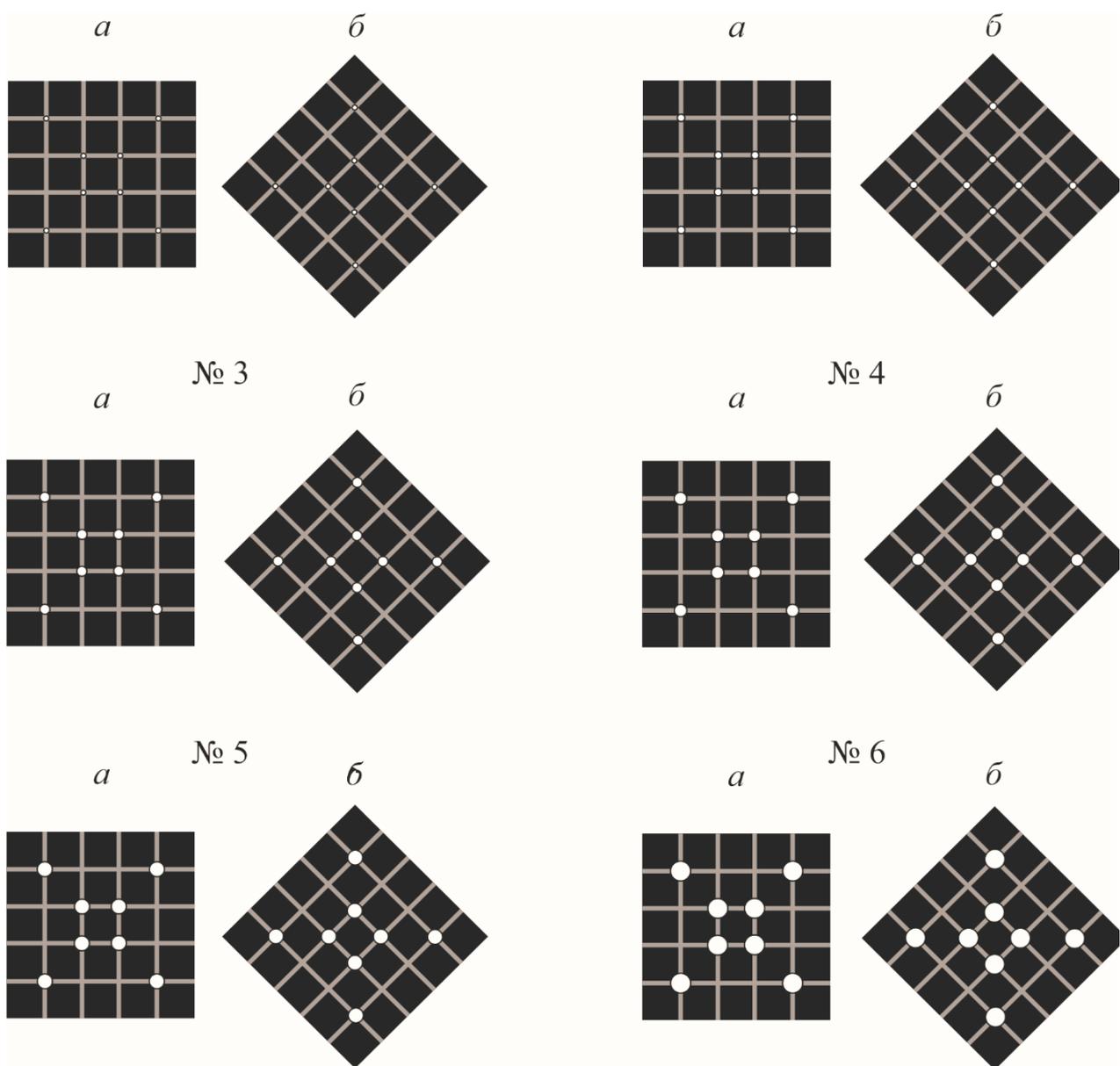


Рисунок 44 – Тестовые фигуры для исследования выраженности иллюзии «Мерцающей решетки». Представлено шесть тестовых фигур для исследования иллюзии фосфенов в классическом варианте (фигуры №№ 1-6, *a*) и повернутых на 45 градусов (фигуры №№ 1-6, *б*). Представленные на рисунке фигуры содержат диски разных диаметров. Отношение диаметра (ДД) диска к ширине пересекающихся под прямым углом серых полос (ШП) составляет: $ДД/ШП = 1$ для фигуры № 1; $ДД/ШП = 1,3$ для фигуры №2; $ДД/ШП = 1,7$ для фигуры №3; $ДД/ШП = 2$ для фигуры №4; $ДД/ШП = 2,7$ для фигуры №5; $ДД/ШП = 3,3$ для фигуры №6

Отношение диаметра (ДД) диска к ширине пересекающихся серых полос (ШП) при этом было $ДД/ШП = 1$. В тестовых фигурах $2a$ и $2б$ диаметр составлял 2 мм ($ДД/ШП = 1,3$), в фигурах $3a$ и $3б$ – 2.5 мм ($ДД/ШП = 1,7$); в фигурах $4a$ и $4б$ – 3 мм ($ДД/ШП = 2$); в фигурах $5a$ и $5б$ – 4 мм ($ДД/ШП = 2,7$) и в фигурах $6a$ и $6б$ – 5 мм ($ДД/ШП = 3,3$). Разные диаметры дисков были предусмотрены для исследования возможного влияния состояния рецептивных полей на выраженность данной иллюзии у пациентов с органическими поражениями сетчатки и зрительного нерва, а также функциональных нарушений работы центральных отделов зрительного анализатора при амблиопии. Тестовые изображения предъявлялись на экране компьютера на расстоянии 50 см от глаз испытуемого. Исследовали в бинокулярных условиях наблюдения (при двух открытых глазах). Испытуемый рассматривал предъявляемое изображение, плавно перемещая взгляд по его поверхности, возвращаясь взглядом к центру и сообщая о своих зрительных впечатлениях. Изображения предъявлялись в случайном порядке.

Оценивали следующие параметры:

1) Одновременная видимость (заметность) дисков в местах пересечения серых линий: диски не видны совсем – 0 баллов, видно одновременно меньше четырех дисков – 1 балл, видны четыре (обычно центральные) диска – 2 балла, видно одновременно большинство дисков – 3 балла, видны одновременно все диски – 4 балла.

2) Появление и выраженность ощущения мерцания (фосфенов) в центре дисков: фосфенов нет – 0 баллов, фосфен в 1-2 периферических дисках – 1 балл, фосфен во всех периферических дисках – 2 балла, фосфен во всех периферических и 1-2 центральных дисках – 3 балла, фосфен во всех дисках, но неяркий – 4 балла, фосфен яркий во всех дисках – 5 баллов.

Таким образом, разработанный нами способ исследования иллюзии мерцающей решетки позволял проводить не только качественную, но и количественную оценку выраженности иллюзии мерцательной решетки.

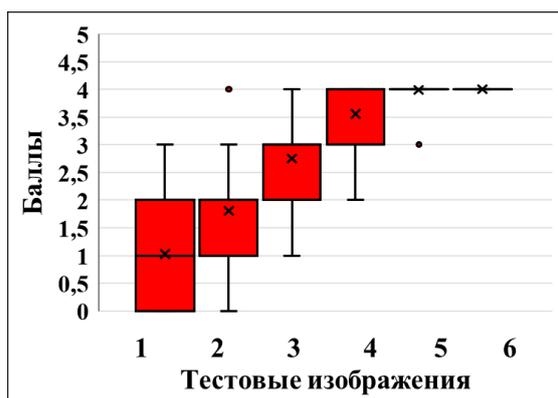
Результаты исследования иллюзии «мерцающей решетки» у детей с офтальмопатологией

Обследовали 399 детей школьного возраста, разделенных на 3 группы:

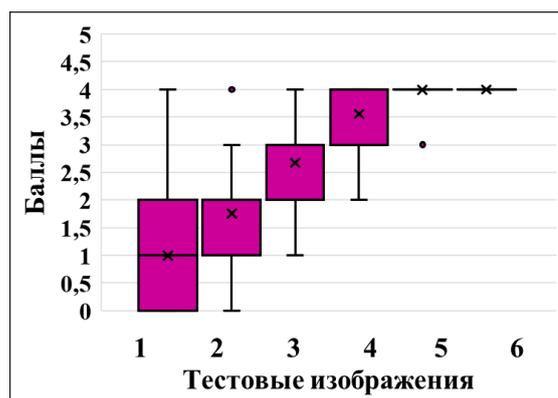
- 4) 120 детей с ЧАЗН;
- 5) 133 ребенка с рефракционной амблиопией;
- 6) 146 детей контрольной группы без офтальмопатологии.

Описание клинических характеристик данных групп детей представлено в главе 2 (см. раздел 2.2).

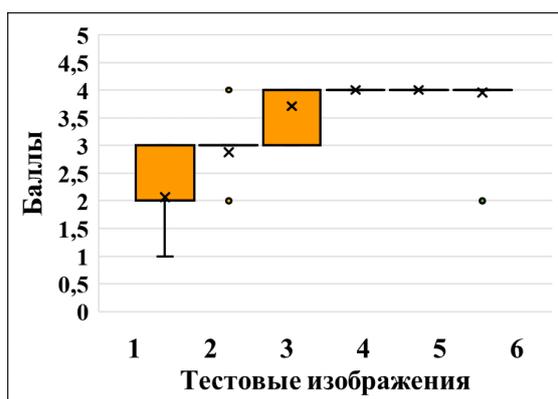
Результаты исследования видимости дисков, полученные при предъявлении тестовых изображений в стандартном положении (в виде квадратов) и повернутом на 45 градусов (в виде ромбов), представлены на графиках (рис. 45).



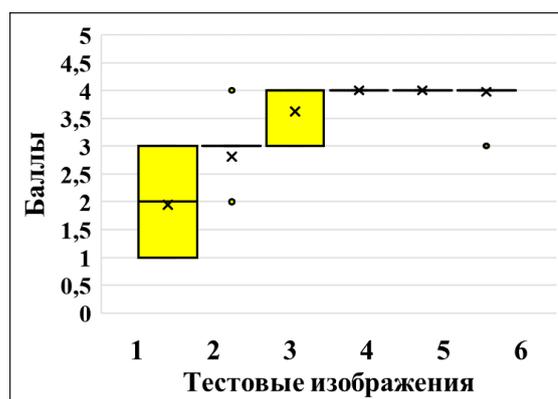
a)



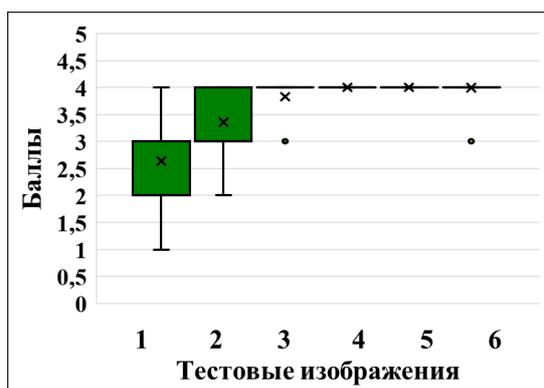
б)



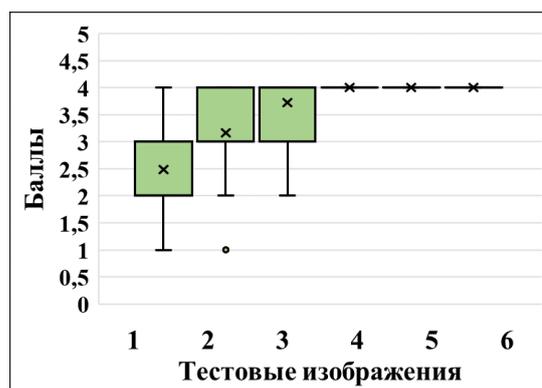
в)



г)



д)



е)

Рисунок 45 - Одновременная видимость дисков в местах пересечения серых линий: а) для стандартной ориентации тестовых изображений у детей с ЧАЗН, б) для тестовых изображений, повернутых на 45 градусов, у детей с ЧАЗН; в) для стандартной ориентации тестовых изображений у детей с амблиопией, г) для тестовых изображений, повернутых на 45 градусов, у детей с амблиопией; д) для стандартной ориентации тестовых изображений у детей контрольной группы; е) для тестовых изображений, повернутых на 45 градусов, у детей контрольной группы

В изображениях с дисками диаметром 1,5 мм (ДД/ШП=1) их видимость была минимальной во всех группах детей. Большинство детей в каждой группе видели одновременно не более четырех (обычно центральных) дисков. При этом нужно отметить отсутствие восприятия дисков, именно нефиксируемых в данный момент времени взглядом. Фиксируемые взглядом диски даже наименьшего диаметра 1,5мм были видны всем, включая детей с ЧАЗН. При увеличении диаметра дисков с 1,5 мм (ДД/ШП=1) до 3 мм (ДД/ШП=2) их одновременная видимость увеличивалась во всех группах детей (табл. 45).

Таблица 45 – Статистическая достоверность и значимость разницы показателей видимости дисков в тестовых изображениях при их стандартном положении (в виде квадратов) – сравнение в трех парах групп детей

Стимулы	Пары сравниваемых групп		
	ЧАЗН – Контроль	ЧАЗН – Амблиопия	Амблиопия – контроль
1	U=2457 df 264, p<0,001	U=3576 df 251, p<0,001	U=6511 df 277, p<0,001
2	U=2290 df 264, p<0,001	U=3212 df 251, p<0,001	U=5859 df 277, p<0,001
3	U=2554 df 264, p<0,001	U=2894,5 df 251, p<0,001	U=8524 df 277, p=0,16
4	U=5329 df 264, p<0,001	U=4854,5 df 251, p<0,001	U=9709 df 277, p=1
5	U=8687 df 264, p=0,27	U=7913,5 df 251, p=0,29	U=9709 df 277, p=1
6	U=8700 df 264, p=0,36	U=7800 df 251, p=0,1	U=9709 df 277, p=1

Пояснения: U – критерий Манна-Уитни, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

При сравнении результатов видимости дисков в трех группах детей нужно отметить наименьшие значения в группе детей с ЧАЗН. При сравнении результатов детей с ЧАЗН и детей контрольной группы статистически достоверные отличия по критерию Манна-Уитни отмечались для тестовых изображений №№ 1-4. Для тестовых изображений №5 и №6 достоверная разница не выявлялась.

Показатели видимости дисков у детей с ЧАЗН были достоверно ниже, чем у детей с амблиопией для тестовых изображений №№ 1-4. Значения для тестовых изображений №5 и №6 были сопоставимы. Сравнение результатов видимости дисков детей с амблиопией с контролем демонстрирует достоверно более низкие по критерию Манна-Уитни показатели при амблиопией для тестовых изображений №№ 1-2. Для тестовых изображений №№ 3-6 результаты были сопоставимы.

При предъявлении тестовых изображений, повернутых на 45° в виде ромбов, одновременная видимость дисков также достоверно увеличивалась по мере увеличения диаметра дисков во всех группах испытуемых. Сравнивая

показатели видимости дисков в стандартном положении в виде квадратов и в повернутых на 45° изображениях в виде ромбов нужно отметить, что для контрольной группы видимость дисков в «ромбах» достоверно ниже по критерию Вилкоксона, чем в «квадратах» для тестовых изображений №1 ($z=-2,65$ df 145, $p=0,008$), №2 ($z=-4,84$ df 145, $p<0,001$), №3 ($z=-3,42$ df 145, $p=0,001$). Для детей с ЧАЗН видимость дисков в «ромбах» достоверно ниже по критерию Вилкоксона, чем в «квадратах» только для тестового изображения №3 ($z=-2,5$ df 119, $p=0,013$). Для остальных тестовых изображений достоверная разница не выявлялась. Для детей с амблиопией видимость дисков в «ромбах» достоверно ниже по критерию Вилкоксона, чем в «квадратах» для тестовых изображений №2 ($z=-3,0$ df 132, $p=0,003$), и № 3 ($z=-3,32$ df 132, $p=0,001$). Для остальных тестовых изображений разница не выявлялась. Анализируя полученные данные можно предполагать, что феномен исчезновения восприятия периферических (нефиксируемых взглядом) дисков, особенно имеющих маленький диаметр 1,5 мм (равный ширине серых полос в использованных в работе тестовых изображениях), является проявлением зрительного эффекта, связанного с работой механизмов латерального торможения в центральных отделах зрительного анализатора, названного J.Ninio и K.A.Stevens «иллюзией исчезновения» (“Extinction illusion”). Полученные нами более низкие показатели видимости дисков при повороте стандартного варианта тестового изображения на 45° во всех группах детей также согласуются с результатами исследования, проведенного этими авторами на здоровых взрослых испытуемых, демонстрирующем уменьшение силы иллюзии фосфенов и иллюзорное исчезновение части периферических (нефиксируемых взглядом) дисков при повороте стандартного варианта тестового изображения на 45° градусов [270]. Данное явление некоторые авторы связывают с преобладанием в первичной зрительной коре (зоне V1) простых S1 клеток с горизонтальной и вертикальной дирекциональной чувствительностью по сравнению с диагональной [302, 303].

Результаты исследования силы иллюзии с тестовыми изображениями в стандартном положении (в виде квадратов) и повернутом на 45 градусов (в виде ромбов), представлены на диаграммах (рис. 46).

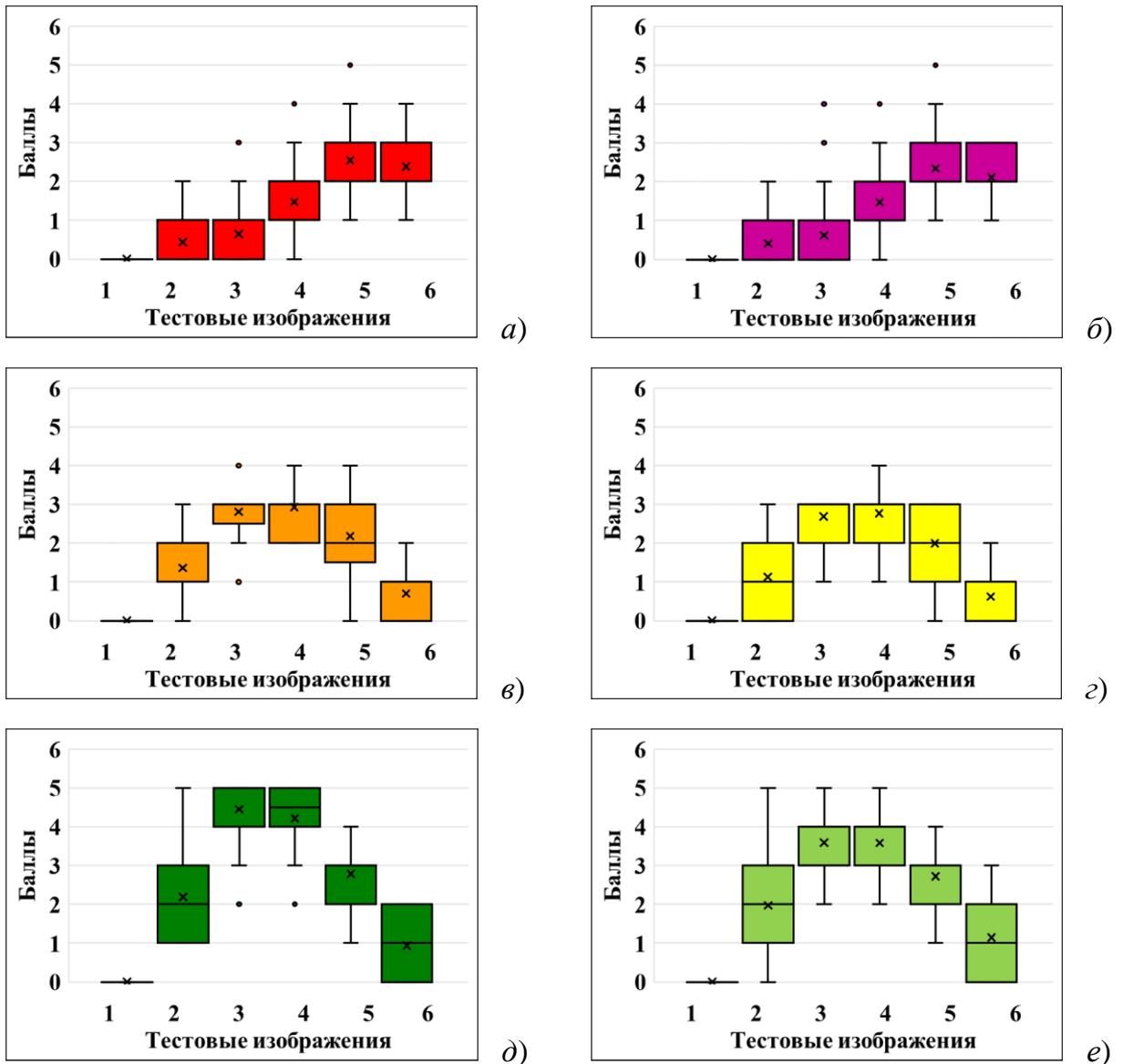


Рисунок 46 - Выраженность иллюзии «мерцающей решетки»: а) для стандартной ориентации стимулов у детей с ЧАЗН, б) для стимулов, повернутых на 45 градусов, у детей с ЧАЗН; в) для стандартной ориентации стимулов у детей с амблиопией, г) для стимулов, повернутых на 45 градусов, у детей с амблиопией; д) для стандартной ориентации стимулов у детей контрольной группы; е) для стимулов, повернутых на 45 градусов, у детей контрольной группы

Заметим, при размере дисков 1,5 мм (ДД/ШП=1) при предъявлении тестового изображения в стандартном положении в виде квадрата (рис. ...) иллюзия мерцающей решетки ни у кого из обследованных детей не возникала. Результаты сравнения показателей выраженности иллюзии при стандартном положении (в виде квадратов) для тестовых изображений №№ 2-6 представлены в таблице (табл. 46).

Таблица 46 – Статистическая достоверность и значимость разницы показателей выраженности иллюзии при стандартном положении (в виде квадратов) тестовых изображений – сравнение в трех парах групп детей

Стимулы	Пары сравниваемых групп		
	ЧАЗН – Контроль	ЧАЗН – Амблиопия	Амблиопия – контроль
2	U=1287 df 264, p<0,001	U=3664 df 251, p<0,001	U=5436 df 277, p<0,001
3	U=110,5 df 264, p<0,001	U=791,5 df 251, p<0,001	U=1704,5 df 277, p<0,001
4	U=1287 df 264, p<0,001	U=2294 df 251, p<0,001	U=3001 df 277, p<0,001
5	U=7247,5 df 264, p=0,012	U=7273,5 df 251, p=0,2	U=6680 df 277, p<0,001
6	U=2080,5 df 264, p<0,001	U=1089,5 df 251, p<0,001	U=8248,5 df 277, p<0,001
<i>Примечание: U – критерий Манна-Уитни, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>			

Максимальные значения силы иллюзии при амблиопии и в контроле, отмечались для тестовых изображений №3 и №4. При амблиопии они составляли: для тестового изображения №3 Me=3,0 [Q₁=2,5; Q₃=3,0]; для №4 Me=3,0 [Q₁=2,0; Q₃=3,0]. В контроле: для тестового изображения №3 Me=5,0 [Q₁=4,0; Q₃=5,0]; для №4 Me=4,5 [Q₁=4,0; Q₃=5,0]. При этом максимальные значения силы иллюзии при амблиопии были достоверно ниже, чем в контроле для тестовых изображений №№2-6.

У детей с ЧАЗН наблюдали «сдвиг» максимальных значений силы иллюзии в сторону тестовых изображений с дисками большего диаметра - №5 и

№6 ($Me=2,0$ [$Q_1=2,0$; $Q_3=3,0$]) для обоих тестовых изображений. Показатели силы иллюзии при ЧАЗН и в контроле имели достоверно более низкие значения для тестовых изображений №№2-5 и более высокие - для тестового изображения №6. Показатели силы иллюзии для тестовых изображений №№ 2-4 у детей ЧАЗН были достоверно ниже, чем у детей с амблиопией; для стимула №5 разница не выявлялась, а для стимула №6 показатели у детей с ЧАЗН были достоверно выше, чем у детей с амблиопией. При сравнении показателей силы иллюзии для тестовых изображений в стандартном положении в виде квадратов и в повернутых на 45° в виде ромбов выявлено снижение значений для «ромбов» по сравнению со значениями для «квадратов» по критерию Вилкоксона во всех группах детей. В контроле разница показателей была достоверной для тестовых изображений №2 ($z=5,32$ df 145, $p<0,001$); №3 ($z=8,21$ df 145, $p<0,001$); №4 ($z=7,81$ df 145, $p<0,001$); №5 ($z=3,0$ df 145, $p=0,003$); №6 ($z=4,82$ df 145, $p<0,001$). В группе детей с ЧАЗН – только для тестовых изображений №5 ($z=4,89$ df 119, $p<0,001$) и №6 ($z=5,55$ df 145, $p<0,001$). В группе детей с амблиопией – только для тестовых изображений №2 ($z=3,0$ df 132, $p=0,003$) и №3 ($z=3,32$ df 132, $p=0,001$).

Результаты, полученные в контрольной группе и группе с амблиопией, демонстрируют, что иллюзия мерцающей решетки наиболее выражена при диаметре дисков больше ширины линий примерно в 1,5-2 раза, что также согласуется с результатами J.Ninio и K.A.Stevens, полученными у здоровых взрослых. При этом нужно отметить, что показатели одновременной видимости дисков и силы иллюзии мерцающей решетки были достоверно ниже при амблиопии по сравнению с контролем, что может быть связано с процессами центрального торможения восприятия и обработки зрительной информации при амблиопии. Результаты показывали, что феномен иллюзорного исчезновения решетки при ЧАЗН более выражен, чем в норме. Кроме того, при ЧАЗН наблюдали «сдвиг» максимальных значений силы иллюзии в сторону увеличения диаметра дисков в тестовых изображениях, что вероятно, связано с

более широкими рецептивными полями у этих пациентов, а обусловлено, в свою очередь, деструктивными изменениями ганглиозных клеток сетчатки.

Подводя общие итоги анализа проявлений зрительных иллюзий у детей с офтальмопатологией, сопровождающейся нарушениями бинокулярного и стереозрения зрения нужно отметить, что количественная оценка зрительных иллюзий позволяет получить объективные результаты, характеризующие степень их выраженности. На основании количественной оценки нам удалось установить, что степень выраженности разных зрительных иллюзий зависит от характера офтальмопатологии, а также от особенностей вариантов зрительных стимулов, вызывающих ту или иную иллюзию.

Результаты демонстрируют, что при ЧАЗН характерными особенностями восприятия исследованных зрительных иллюзий являются: сдвиг максимальных значений силы иллюзии «мерцающей решетки» в сторону тестовых изображений с дисками большей величины, меньшее количество изменений направления вращения неоднозначных фигур и более высокие значения диапазона существования иллюзии Поггендорффа по сравнению с аналогичными показателями у детей с содружественным косоглазием и контроля. У детей с амблиопией при исследовании иллюзии «мерцающей решетки» отмечаются более низкие максимальные значения силы иллюзии по сравнению с контролем. Характерных особенностей восприятия исследуемых в работе иллюзий у детей с косоглазием по сравнению с детьми контрольной группы не обнаружено.

Таким образом, сравнительный анализ количественной оценки зрительных иллюзий (Мюллера-Лайера, «Мерцающей решетки», Поггендорффа, вращения неоднозначных фигур) показал их наибольшую выраженность у детей с ЧАЗН, что указывает на возможность использовать их в дифференциальной диагностике органической и функциональной патологии у детей с нарушениями.

3.2 Результаты использования разработанных алгоритмов функционального лечения детей с нарушениями бинокулярного и стереозрения

Лечение проходили 210 детей с содружественным косоглазием. По результатам исследования бинокулярных зрительных функций они были разделены на 3 группы. В 1 группу вошли 77 детей с наличием бифовеального слияния в возрасте от 6 до 15 (в среднем $9,2 \pm 0,3$) лет; 2 группу составили 89 детей с наличием функционального торможения как, выявленном на синоптофоре и с ТБМ, в возрасте от 6 до 15 (в среднем $9,4 \pm 0,3$); 3 группу - 44 ребенка с явлениями парадоксальной монокулярной фузии в возрасте от 9 до 17 (в среднем $14,2 \pm 0,4$) лет. Для каждой группы использовали свой алгоритм лечения, соответствующий результатам комплексного диагностического обследования.

3.2.1 Результаты лечения детей 1 группы с содружественным косоглазием

Клинические характеристики детей 1 группы представлены в таблице (табл. 47).

Таблица 47 – Клинические характеристики детей 1 группы с косоглазием

Клинические характеристики		1 группа детей с косоглазием (n=77)	
		Абс. число детей	%
Количество мальчиков / девочек		32 / 45	41,6 / 58,4
Сходящееся косоглазие		64	83,1
Расходящееся косоглазие		13	16,9
Монолатеральное косоглазие		17	22,1
Альтернирующее косоглазие		60	77,9
Рефракция	гиперметропическая	62	80,5
	Миопическая	14	18,2
	смешанный астигматизм	1	1,3
Возраст возникновения косоглазия	До 1 года	6	7,8
	1-2 года	39	50,6
	3-4 года	27	35,1
	5-6 лет	5	6,5

Продолжение таблицы 47

Клинические характеристики		1 группа детей с косоглазием (n=77)	
		Абс. число детей	%
Количество детей с неоперированным косоглазием		24	31,2
Количество детей с оперированным косоглазием	в возрасте 4-5 лет	12	15,6
	в возрасте 6-7 лет	36	46,7
	в возрасте 8-10 лет	4	5,2
	в возрасте 11-13 лет	1	1,3
Количество детей с ортотропией		31	40,2
Количество детей с величиной экзотропии до 5°		8	10,4
Количество детей с величиной экзотропии от 6° до 10°		4	5,2
Количество детей с величиной эзотропии до 5°		20	26
Количество детей с величиной эзотропии от 6° до 10°		14	18,2
Корреспонденция сетчаток при исследовании на синоптофоре под ОУ	НКС с фузионными резервами	37	48
	неустойчивая НКС без фузионных резервов ↔ регионарная ФСП	40	52
Корреспонденция сетчаток при исследовании с ТБМ под ОУ	бинокулярное зрение	47	61
	бинокулярное зрение ↔ диплопия	20	26
	диплопия	10	13
Наличие стереозрения по Fly-тесту		0	0
Наличие стереозрения по Lang-тесту		0	0
<i>Примечание: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления</i>			

У детей 1 группы острота зрения (по таблице Сивцева-Головина с расстояния 5 метров от глаз) лучшевидящего глаза (ЛВГ) составляла в среднем $0,85 \pm 0,01$, хужевидящего глаза (ХВГ) – $0,73 \pm 0,03$.

На первом этапе лечение пациентов 1 группы проводили на бинариметре. Показаниями к применению бинариметра считали: снижение или отсутствие фузионных резервов, неустойчивое бинокулярное зрение или диплопия при исследовании с ТБМ, сниженная аккомодационная способность и острота зрения. Техника проведения функционального лечения на бинариметре соответствовала классической методике (см. раздел 2.4.2.). Проводили 15 занятий по 20-25 минут под контролем бинокулярного слияния двойных тест-объектов в условиях свободного пространства. Занятия были направлены на

развитие устойчивости бифовеального слияния, фузионных резервов, тренировку аккомодации и повышение остроты зрения. Эти упражнения позволяли также развивать стереозрение при использовании двойных изображений, создающих при успешной фузии стереоэффект за счет диспаратности деталей.

Оптимальную коррекцию, создающую наиболее благоприятные условия для формирования и удержания БЗО на разных расстояниях от глаз во время занятий на бинариметре подбирали индивидуально. При этом у всех 59 детей с содружественным сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии и одного ребенка со сходящимся косоглазием на фоне смешанного астигматизма на первых занятиях требовалось увеличение силы положительных корригирующих линз для каждого глаза.

В результате лечения на бинариметре эта разница уменьшилась у 32 детей, исчезла у 20 детей, а в некоторых случаях (у 8 детей) сила оптимальной коррекции для бинокулярных условий после лечения была на 0,5 D меньше, чем для монокулярных (табл. 48).

Таблица 48 - Показатели разницы оптимальной силы корригирующего стекла в монокулярных условиях и под контролем БЗО, у детей с содружественным сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии, Me [Q₁; Q₃]

Глаза	Расстояния, м	До лечения	После лечения	Достоверность разницы показателей
ЛВГ (n=60)	0,5	Me = 2,75 [Q ₁ = 1,75; Q ₃ =3,5]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,75]	z=6,80 df 59, p<0,001
	1	Me=2,5 [Q ₁ = 1,75; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,85 df 59, p<0,001
	5	Me = 2,5 [Q ₁ = 1,75; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,82 df 59, p<0,001
ХВГ (n=60)	0,5	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,5]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,80 df 59, p<0,001
	1	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,84 df 59, p<0,001
	5	Me = 2,25 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,83 df 59, p<0,001

Примечания: ЛВГ -лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, z – (z -score) для критерия Вилкоксона, df – степени свободы, p – статистическая значимость

У 10 детей с расходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции для успешного формирования БЗО была необходима более сильная миопическая коррекция (на 2,0 D – у трех детей, 2,5 – у пяти детей и 3,0 D – у двух детей) по сравнению с оптимальной силой стекол для монокулярных условий. В связи с этим на первых занятиях на бинариметре у детей с расходящимся косоглазием на фоне миопии также использовали гиперкоррекцию. В процессе лечения на бинариметре необходимость в гиперкоррекции постепенно уменьшалась (рис. 47).

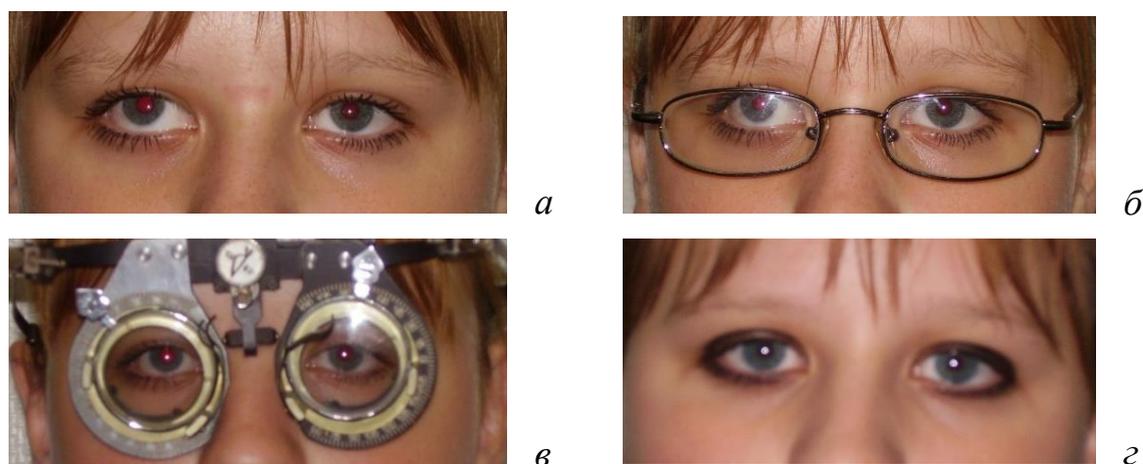


Рисунок 47 - Пациентка 15 лет, с оперированным расходящимся с вертикальным компонентом содружественным косоглазием на фоне миопической рефракции: OD sph (-)2,5 D / OS sph (-)2,0 D. Положения глаз: а) без коррекции; б) в своих очках OD sph (-)2,0 D / OS sph (-)1,5 D; в) с коррекцией OD sph (-)4,5 D / OS sph (-)4,0 D; г) после курса занятий на бинариметре в мягких контактных линзах OD sph (-)1,75 D / OS sph (-)1,25 D

У детей с «несоответствующей» рефракцией (миопической при сходящемся косоглазии и гиперметропической – при расходящемся) сила корректирующих стекол зависела от вида косоглазия. У 4 детей со сходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции БЗО легче возникал и лучше удерживался при оптической силе отрицательных корректирующих стекол на 1,5-2,5 D меньше по сравнению с монокулярными условиями. У трех детей с расходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции

(расходящееся косоглазие, возникшее после хирургического лечения сходящегося) - БЗО легче возникал и лучше удерживался при оптической силе положительных стекол на 2,0-3,5 D меньше по сравнению с монокулярными условиями.

Таким образом, наиболее благоприятные условия для формирования и удержания БЗО на первых занятиях на бинариметре создавались за счет использования у детей с содружественным косоглазием гиперкоррекции на фоне «соответствующей» рефракции (гиперметропической при сходящемся косоглазии и миопической – при расходящемся) и гипокоррекции на фоне «несоответствующей» рефракции (миопической при сходящемся косоглазии и гиперметропической – при расходящемся).

По мере улучшения бинокулярных зрительных функций в ходе лечения, показатели оптической коррекции приближались к нормальным соотношениям.

Кроме того, разработанный способ позволял проводить мониторинг состояния аккомодационной способности в ходе функционального лечения детей с нарушениями бинокулярных зрительных функций.

Результаты мониторинга **аккомодации** в ходе лечения на бинариметре показали, что у детей 1 группы до лечения **ОАА** был снижен, а **ООА** (под контролем БЗО), составлял всего $1,5 \pm 0,05D$ для расстояния 1 м от глаз и был еще меньше для расстояний 0,5м и 5м от глаз.

В результате лечения на бинариметре наблюдалось достоверное увеличение ОАА и ООА для всех используемых расстояний. При этом увеличение ОАА и ООА для расстояния 1м от глаз было более значительным, чем для расстояния 5м и 0,5м от глаз (табл. 49).

Таблица 49 – Средние значения ОАА (для ЛВГ и для ХВГ) и ООА (под контролем БЗО) до и после лечения на бинариметре пациентов 1 группы при исследовании на разных расстояниях от глаз

Расстояния, м	Условия исследования	До лечения, М±m	После лечения, М±m	Достоверность разницы показателей аккомодации до и после лечения
0,5	ОАА ЛВГ (n=77)	4,4±0,1	5,6±0,1	t=10,43 df 76, p<0,001
	ОАА ХВГ (n=77)	2,3±0,07	4,5±0,08	t=20,11 df 76, p<0,001
	ООА (n=77)	1,2±0,05	3,1±0,08	t=21,82 df 76, p<0,001
1	ОАА ЛВГ (n=77)	5,5±0,1	6,3±0,08	t=8,84 df 76, p<0,001
	ОАА ХВГ (n=77)	2,4±0,08	5,1±0,1	t=20,88 df 76, p<0,001
	ООА (n=77)	1,5±0,05	3,7±0,09	t=20,58 df 76, p<0,001
5	ОАА ЛВГ (n=77)	4,4±0,1	5,6±0,1	t=10,63 df 76, p<0,001
	ОАА ХВГ (n=77)	2,3±0,07	4,5±0,08	t=19,85 df 76, p<0,001
	ООА (n=77)	1,2±0,05	3,1±0,08	t=21,68 df 76, p<0,001

Примечание: ЛВГ-лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Сравнение результатов, полученных для разных расстояний, демонстрировало наиболее высокие значения как до, так и после функционального лечения на расстоянии 1 м от глаз (табл. 50).

Таблица 50 – Статистическая значимость разницы ОАА (для ЛВГ и для ХВГ) и ООА (бинокулярно) для разных расстояний от глаз до и после лечения на бинариметре детей 1 группы

Условия исследования		Сравниваемые пары значений		
		5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ	До лечения	t=11,49 df 76, p<0,001	t=0,82 df 76, p=0,42	t=11,16 df 76, p<0,001
	После лечения	t=12,28 df 76, p<0,001	t=1 df 76, p=0,32	t=12,36 df 76, p<0,001
ХВГ	До лечения	t=2,15 df 76, p=0,035	t=1 df 76, p=0,32	t=1,98 df 76, p=0,052
	После лечения	t=7,35 df 76, p<0,001	t=1 df 76, p=0,32	t=7,2 df 76, p<0,001
Бинокулярно	До лечения	t=5,47 df 76, p<0,001	t=1 df 76, p=0,32	t=5,42 df 76, p<0,001
	После лечения	t=7,54 df 76, p<0,001	t=1 df 76, p=0,32	t=7,38 df 76, p<0,001

Примечания: ЛВГ-лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Для сравнения мы проанализировали ОАА и ООА (под контролем БЗО) для разных расстояний в контрольной группе, включающей 92 ребенка (49 мальчиков и 43 девочки) в возрасте от 7 до 17 (в среднем $9,04 \pm 0,3$) лет (табл. 51).

Таблица 51 – Сравнение ОАА и ООА у детей с косоглазием 1 группы после лечения на бинариметре и у детей контрольной группы.

Расстояния, м	Условия исследования	Контроль (n=92)	Косоглазие (n=77)	Достоверность разницы показателей аккомодации
5	ОАА ЛВГ	$7,95 \pm 0,12$	$5,58 \pm 0,1$	$t=14,3$ df 167, $p < 0,001$
	ОАА ХВГ	$7,9 \pm 0,12$	$4,5 \pm 0,08$	$t=23,8$ df 167, $p < 0,001$
	ООА	$3,12 \pm 0,07$	$3,06 \pm 0,08$	$t=0,5$ df 167, $p=0,58$
1	ОАА ЛВГ	$8,87 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,08$	$t=17,2$ df 167, $p < 0,001$
	ОАА ХВГ	$8,71 \pm 0,15$	$5,14 \pm 0,1$	$t=18,8$ df 167, $p < 0,001$
	ООА	$3,46 \pm 0,05$	$3,67 \pm 0,09$	$t=2,1$ df 167, $p=0,038$
0,5	ОАА ЛВГ	$8,05 \pm 0,12$	$5,60 \pm 0,10$	$t=15,4$ df 167, $p < 0,001$
	ОАА ХВГ	$8,00 \pm 0,41$	$4,51 \pm 0,08$	$t=25,2$ df 167, $p < 0,001$
	ООА	$3,22 \pm 0,06$	$3,10 \pm 0,08$	$t=1,4$ df 167, $p=0,15$

Примечания: ЛВГ - лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Полученные данные демонстрируют, что у детей с косоглазием после лечения на бинариметре показатели ООА были сопоставимы с показателями детей контроля для расстояний 0,5 и 5м, а для расстояния 1 м даже превышали показатели контроля. Средние значения ОАА, несмотря на увеличение в результате лечения, не достигали значений детей контроля.

При сравнении результатов исследования аккомодации на разных расстояниях у детей контрольной группы нужно отметить, что для расстояния 1м от глаз показатели были достоверно более высокие, чем для расстояния 5м и 0,5м от глаз (также как и у детей с косоглазием) (табл. 52).

Таблица 52 – Достоверность разницы ОАА и ООА при исследовании на разных расстояниях от глаз в контрольной группе детей

Условия измерения	Сравниваемые пары значений		
	5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ (n=92)	t=8,19 df 91, p<0,001	t=2,1 df 91, p=0,041	t=7,46 df 91, p<0,001
ХВГ (n=92)	t=5,66 df 91, p<0,001	t=2,1 df 91, p=0,041	t=5,03 df 91, p<0,001
Бинокулярно (n=92)	t=5,12 df 91, p<0,001	t=2,5 df 91, p=0,014	t=4,23 df 91, p<0,001

Примечания: t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

При анализе остроты зрения у детей 1 группы с косоглазием нужно отметить достоверное повышение средних значений как монокулярной, так и бинокулярной остроты зрения после лечения на бинариметре на всех расстояниях исследования (табл. 53).

Таблица 53 – корригированная острота зрения до и после лечения на бинариметре пациентов 1 группы

Расстояния, м	Условия исследования	До лечения, М±m	После лечения, М±m	Достоверность разницы корригированной ОЗ до и после лечения
0,5	ЛВГ (n=77)	0,82±0,02	0,96±0,02	t=13,39 df 76, p<0,001
	ХВГ (n=77)	0,69±0,03	0,82±0,02	t=15,41 df 76, p<0,001
	Бинокулярно (n=77)	0,78±0,01	1,0±0,02	t=19,56 df 76, p<0,001
1	ЛВГ (n=77)	0,91±0,02	1,1±0,03	t=12,10 df 76, p<0,001
	ХВГ (n=77)	0,74±0,02	0,9±0,02	t=13,75 df 76, p<0,001
	Бинокулярно (n=77)	0,84±0,02	1,2±0,02	t=18,22 df 76, p<0,001
5	ЛВГ (n=77)	0,85±0,02	1,0±0,02	t=13,83 df 76, p<0,001
	ХВГ (n=77)	0,73±0,02	0,84±0,02	t=11,58 df 76, p<0,001
	Бинокулярно (n=77)	0,81±0,02	1,1±0,02	t=16,93 df 76, p<0,001

Примечания: ОЗ – острота зрения, ЛВГ - лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

При сравнении остроты зрения для разных расстояний от глаз установлено, что наиболее высокой острота зрения (как монокулярная, так и бинокулярная) выявлялась для расстояния 1м от глаз как до, так и после лечения. Для расстояния 5м острота зрения как до, так и после лечения была достоверно более высокой, чем для 0,5м (табл. 54).

Таблица 54 – Различия показателей скорректированной остроты зрения на разных расстояниях от глаз до и после лечения на бинариметре детей 1 группы с косоглазием

Условия исследования		Сравниваемые пары значений		
		5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ (n=77)	До лечения	t=6,1 df 76, p<0,001	t=6,0 df 76, p<0,001	t=8 df 76, p<0,001
	После лечения	t=8,66 df 76, p<0,001	t=3,61 df 76, p=0,001	t=8,05 df 76, p<0,001
ХВГ (n=77)	До лечения	t=3,37 df 76, p=0,001	t=4,39 df 76, p<0,001	t=5,61 df 76, p<0,001
	После лечения	t=7,37 df 76, p<0,001	t=3,37 df 76, p=0,001	t=7,7 df 76, p<0,001
Бинокулярно (n=77)	До лечения	t=5,16 df 76, p<0,001	t=6,32 df 76, p<0,001	t=8,63 df 76, p<0,001
	После лечения	t=8,28 df 76, p<0,001	t=4,07 df 76, p<0,001	t=10,74 df 76, p<0,001
<i>Примечания: ЛВГ - лучшесвидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>				

Для сравнения результатов лечения с нормальными значениями бинокулярной и монокулярной остроты зрения мы изучили аналогичные показатели в контрольной группе детей (табл. 55)

Таблица 55 – Средние значения корригированной остроты зрения детей 1 группы с косоглазием после лечения на бинариметре и остроты зрения детей контрольной группы, $M \pm m$

Расстояния, м	Условия исследования	Контроль (n=92)	Косоглазие, (n=77)	Достоверность различий
5м	ЛВГ	1,1±0,01	1,0±0,02	t=3,23 df 167, p=0,001
	ХВГ	1,03±0,01	0,84±0,02	t=8,36 df 167, p<0,001
	Бинокулярно	1,14±0,02	1,1±0,02	t=1,75 df 167, p=0,082
1м	ЛВГ	1,17±0,02	1,1±0,03	t=2,3 df 167, p=0,023
	ХВГ	1,08±0,01	0,94±0,02	t=7,01 df 167, p<0,001
	Бинокулярно	1,26±0,01	1,22±0,02	t=1,44 df 167, p=0,15
0,5м	ЛВГ	1,1±0,01	0,96±0,02	t=6,7 df 167, p<0,001
	ХВГ	1,03±0,01	0,82±0,02	t=9,97 df 167, p<0,001
	Бинокулярно	1,16±0,01	1,05±0,02	t=5,1 df 167, p<0,001
<i>Примечания: ЛВГ - лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости</i>				

Несмотря на значительное повышение зрения у детей с косоглазием после лечения на бинариметре, монокулярная (как для ЛВГ, так и для ХВГ) острота зрения на всех расстояниях и бинокулярная острота зрения на расстоянии 0,5м от глаз, остались достоверно ниже по сравнению с показателями контрольной группы. При этом бинокулярная острота зрения для расстояний 5м и 1м от глаз у детей с косоглазием оказалась сопоставимой с показателями контроля.

При сравнении показателей остроты зрения для разных расстояний нужно отметить, что у детей контрольной группы, также как и у детей с косоглазием, показатели для расстояния 1м от глаз превышают показатели для расстояния 5м и 0,5м, последние при этом сопоставимы (табл. 56).

Таблица 56 – Статистическая значимость разницы остроты зрения при сравнении показателей на разных расстояниях от глаз в контрольной группе

Условия измерения	Сравниваемые пары значений		
	5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ	t=8,21 df 91, p<0,001	t=2,42 df 91, p=0,018	t=4,17 df 91, p<0,001
ХВГ	t=5,67 df 91, p<0,001	t=1,10 df 91, p=0,29	t=3,65 df 91, p<0,001
Биокулярно	t=10,03 df 91, p<0,001	t=1,23 df 91, p=0,22	t=7,33 df 91, p<0,001

Примечания: ЛВГ - лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Результаты исследования величины девиации, корреспонденции сетчаток и стереозрения после лечения на бинариметре у детей 1 группы с косоглазием представлены в таблице (табл. 57).

Таблица 57 – Динамика величины девиации, корреспонденции сетчаток и стереозрения после лечения на бинариметре у детей 1 группы с косоглазием

Клинические характеристики	1 группа детей с косоглазием (n=77)	
	До лечения, абс. число детей (%)	После лечения, абс. число детей (%)
Ортотропия	31 (40,3)	54 (70,1)
Величина экзотропии до 5°	8 (10,4)	3 (3,9)
Величина экзотропии от 6° до 10°	4 (5,2)	0
Величина эзотропии до 5°	20 (26)	19 (24,7)
Величина эзотропии от 6° до 10°	14 (18,2)	1 (1,3)
Исследование на синоптофоре под ОУ	НКС с фузионными резервами	37 (48)
	НКС ↔ ФСП	40 (52)
Исследование с ТБМ под ОУ	Биокулярное зрение	47 (61)
	биокулярное зрение ↔ диплопия	20 (26)
	диплопия	10 (13)
Наличие стереозрения по Fly-тесту	0	53 (68,8)
Наличие стереозрения по Lang-тесту	0	9 (11,7)

Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия

Анализируя представленные данные нужно отметить, что в результате лечения на бинариметре наблюдалась **положительная динамика** - уменьшилась величина девиации, увеличилось число детей с ортотропией с 40,3% до 70,1% и количество детей, имеющих НКС с фузионными резервами (на синоптофоре) с 48% до 83,1%; а также - количество детей с бинокулярным слиянием в условиях анаглифного разделения полей зрения с 61% до 88,3%; появилось стереозрение у 68% по Fly-тесту и у 11,7% детей по Lang-тесту.

Вместе с тем, несмотря на положительную динамику бинокулярных функций, остроты зрения и аккомодации, у многих детей сохранились нарушения стереозрения и сниженная острота зрения. В связи с чем, им был проведен следующий этап функционального лечения с применением **разработанных нами компьютерных программ с использованием различных режимов альтернирующего предъявление стимулов.**

На первом этапе занятий использовали стимулы, **разработанные нами для диагностики стереозрения.** Основываясь на результатах диагностического этапа, свидетельствующих о более легком восприятии детьми с косоглазием объема при предъявлении стимулов с периферическим расположением линейных элементов, создающих стереоэффект, в режиме с наличием «пустого» интервала, мы использовали на начальных зрительных тренировках стимулы с периферически расположенными вертикальными линиями, создающими эффект наклона. На первых занятия использовали режим альтернирования с наличием «пустого» интервала при длительности монокулярных фаз и «пустого» интервала 50 мс. Ребенок смотрел через красный (для правого глаза) и синий (для левого глаза) на стереоизображение, показываемое на экране монитора на расстоянии 70 см от глаз. При наличии у пациента аметропии занятия проводили в условиях оптимальной оптической коррекции, а при наличии угла косоглазия – его призмной компенсации. Правильность подбора призмной коррекции контролировали при помощи одностороннего cover-теста (рис. 48).



a



б



в

Рисунок 48 - *a*) положения глаз в условиях оптимальной очковой коррекции; *б*) компенсация угла косоглазия призмой 12,0 prD; *в*) условия анаглифного разделения полей зрения

После того, как удавалось добиться устойчивого стереозффекта, длительность монокулярных фаз и пустого интервала постепенно сокращали. В дальнейшем переходили к использованию режима простого альтернирования. При этом длительность монокулярных фаз постепенно уменьшали с 50 мс до 20 мс. Когда стереозффект становился устойчивым при минимальных длительностях монокулярных фаз в режиме простого альтернирования, меняли его на режим с бинокулярной фазой. Длительности монокулярных и бинокулярной фаз постепенно увеличивали от минимальных значений (20 мс) до 100-150 мс. На следующих занятиях использовали стимулы с периферическими вертикальными полосками, создающими эффект фронтупараллельного разделения деталей, а также горизонтальными полосками, создающими эффект наклона и эффект фронтупараллельного разделения деталей (см. раздел 3.1.7.). Затем переходили к использованию стимулов с центральным расположением вертикальных и горизонтальных полосок, создающих стереозффект. Режимы альтернирующего предъявления и длительности фаз для этих стимулов использовали по тому же принципу, что и для стимулов с вертикальными периферическими полосками. Первый этап тренировок с компьютерными программами включал обычно 15 занятий по 20-25 минут в день. После достижения стереозффекта с периферическими линейными элементами переходили к следующему этапу занятий.

На следующем этапе лечения использовали **разработанный нами способ функциональной коррекции бинокулярного и стереозрения с компьютерной программой «Бабочка»**. Данный способ основан на предъявлении стереоизображений в альтернирующем и неальтернирующем режимах (патент РФ №2718269, приоритет от 27.11.2019). Разработанное нами стереоизображение включает в себя лиловое кольцо на черном фоне, в центре которого находятся две одинаковых по форме и размеру фигуры красной и синей бабочки, частично перекрывающиеся друг с другом (рис. 49).

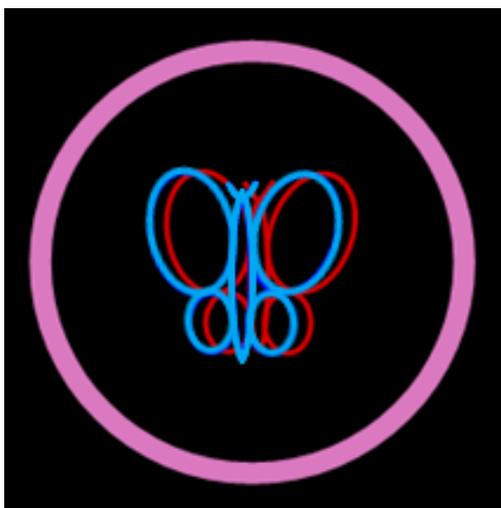


Рисунок 49 – Стереоизображение используемое в компьютерной программе «Бабочка»

Цветовые характеристики стимулов для красных деталей, характеризуются как R 255, G 0, B 0, синих – R 0, G 0, B 255, лиловых – R 215, G 102, B 162. На экране монитора размером, например, 27 × 47,5 см диаметр кольца составляет 9 см, размер каждой бабочки 3,5 см по вертикали и 3 см по горизонтали.

При наблюдении данного изображения через очки со светофильтрами (красный светофильтр для правого глаза и синий – для левого) лиловое кольцо видно одновременно и правым и левым глазом, красная бабочка – только правым глазом (через красный светофильтр); синяя бабочка – только левым глазом (через синий светофильтр). При успешной работе бинокулярных механизмов у человека возникает стереоэффект за счет диспаратности, которая создается сдвигом по горизонтали фигур красной и синей бабочки на экране монитора. При нормальном состоянии бинокулярного и стереозрения

возможны следующие варианты стереозффекта: 1) если красная бабочка расположена справа, а синяя слева, то целостное (при успешной фузии) изображение бабочки воспринимается расположенным по глубине дальше кольца; 2) если красная бабочка расположена слева, а синяя справа, то целостное (при успешной фузии) изображение бабочки воспринимается расположенным по глубине ближе кольца. У пациентов с нарушениями бинокулярного и стереозрения стереозффект отсутствует. При этом может быть видна только одна красная бабочка, только одна синяя бабочка или видны обе бабочки, но как отдельные (нефузируемые) фигуры.

Зрительные упражнения с данной программой проводили в игровой форме. При наличии у ребенка аметропии использовали оптимальную оптическую коррекцию (очки или контактные линзы). Дополнительно надевали красно-синие светофильтры для анаглифного разделения полей зрения. При наличии угла косоглазия – компенсировали его призмами.

Одно тренировочное упражнение состояло из 20 заданий. При этом уровень диспаратности красной и синей фигур бабочки меняли в случайном порядке в сторону уменьшения или увеличения его от среднего уровня, составлявшего 24,5', учитывая расстояние наблюдения (70 см) и величину межзрачкового расстояния (56-58 мм). Максимальное значение диспаратности при этом соответствовало 49'. Ребенок должен был оценить пространственное расположение фузируемой бабочки по отношению к плоскости кольца (ближе или дальше). Затем, управляя кнопками с горизонтальными стрелками на клавиатуре компьютера, он должен был попробовать совместить в пространстве фигуру бабочки с плоскостью, в которой воспринималось кольцо. При появлении отчетливого зрительного впечатления, что бабочка и кольцо находятся в одной фронтальной плоскости, ребенок должен был нажать кнопку «enter» на клавиатуре компьютера, чтобы программа зафиксировала результат и показала на экране монитора. Успешное совмещение плоскости фузируемой бабочки с плоскостью кольца обозначалось как нулевое значение. Если,

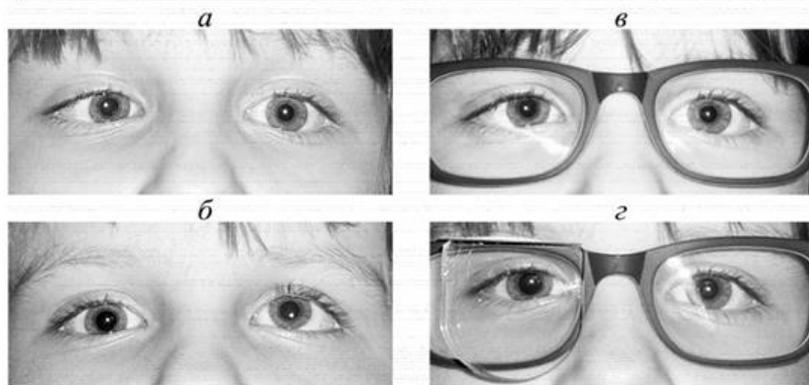
несмотря на ощущение ребенка, что фузируемая бабочка находится в одной плоскости с кольцом, фигура красной бабочки находилась слева, а синей бабочки – справа от центра кольца, то результат обозначался положительным числом. Если фигура красной бабочки находилась немного справа, а синей немного слева от центра кольца, фиксируемый результат обозначался отрицательным числом. После выполнения одного задания ребенок переходил к выполнению следующего, нажав кнопку со стрелкой вверх на клавиатуре компьютера. При этом начальная величина диспаратности и взаиморасположение фигур красной и синей бабочек менялись при переходе к следующему заданию.

Использовали два режима предъявления зрительных стимулов – альтернирующий (на начальных занятиях) и неальтернирующий (в дальнейшем). Альтернирующий режим предусматривал чередование зрительных стимулов в следующем порядке: от монокулярной фазы для одного глаза (через соответствующий фильтр видно кольцо и бабочка), интервал с наличием только черного фона, монокулярная фаза для другого глаза (через соответствующий фильтр видно кольцо и бабочка), фазы с наличием только черного фона, монокулярной фазы для другого глаза и т.д. Последовательно уменьшали длительность монокулярных фаз и интервала с 50 до 20 мс. После успешного выполнения заданий в альтернирующем режиме переходили к неальтернирующему режиму. В конце упражнения, после выполнения всех 20-ти заданий общий итог вычислялся программой и отображался на экране в виде дробного числа, указывающего сколько заданий из 20-ти успешно выполнено. Например, ребенок справился с 15-ю заданиями из 20-ти (15/20) или 18-ю из 20-ти (18/20). Результаты тренировок с компьютерными программами, направленными на развитие бинокулярного и стереозрения представлены в таблице (табл. 58) и на рисунке (рис. 50).

Таблица 58 – Динамика показателей величины девиации, корреспонденции сетчаток и стереозрения до и после тренировок с компьютерными программами пациентов 1 группы.

Клинические характеристики		1 группа детей с косоглазием (n=77)	
		До лечения, абс. число детей (%)	После лечения, абс. число детей (%)
Ортотропия		54 (70,1)	69 (89,6)
Величина экзотропии до 5°		3 (3,9)	2 (2,6)
Величина эзотропии до 5°		19 (24,7)	6 (7,8)
Величина эзотропии от 6° до 10°		1 (1,3)	0
Синоптофор под ОУ	НКС с фузионными резервами	64 (83,1)	77 (100)
ТБМ под ОУ	бинокулярное зрение	68 (88,3)	77 (100)
	бинокулярное зрение ↔ диплопия	9 (11,7)	0
Наличие стереозрения по Fly-тесту		53 (68,8)	67 (87)
Наличие стереозрения по Lang-тесту		9 (11,7)	42 (54,5)

До лечения



После лечения



Рисунок 50 - Пациентка 9 лет с DS: Содружественное сходящееся с вертикальным компонентом частично-аккомодационное альтернирующее косоглазие. Гиперметропия слабой степени ОУ, амблиопия слабой степени ОУ. До лечения: *а* и *б* – без оптической коррекции, *в* – в оптимальной очковой коррекции, *г* – призмённая компенсация девиации. После лечения: *д* – без очков, *е* – в очках

Представленные данные демонстрируют увеличение количества детей с ортотропией и дальнейшее улучшение зрительных функций: увеличение числа пациентов с ортотропией до 89,6% и количества пациентов, имеющих НКС с фузионными резервами и количества пациентов с бинокулярным слиянием в условиях анаглифного разделения полей зрения до 100% детей; появление стереозрения у 87% детей по Fly-тесту и у 54,5% по Lang-тесту.

Фузионные резервы оценивали на разных этапах лечения (табл. 59).

Таблица 59 – Динамика фузионных резервов ($M \pm m$) на фоне лечения на бинариметре и тренировок с компьютерными программами у детей с устойчивой НКС и фузионными резервами и детей с неустойчивой НКС без фузионных резервов

Фузионные резервы (ФР)		Устойчивая НКС и наличие ФР (n=37)	Неустойчивая НКС без ФР (n=40)
Положительные	До лечения	4,16±0,3	0
	После лечения на бинариметре	8,1±0,3	4,55±0,3
	После тренировок с компьютерными программами	12,3±0,3	11,8±0,25
Отрицательные	До лечения	2,3±0,3	0
	После лечения на бинариметре	4,67±0,1	3,15±0,2
	После тренировок с компьютерными программами	5,11±0,13	4,6±0,16

В группе детей с наличием фузионных резервов наблюдали их увеличение в результате тренировок на бинариметре (по критерию Вилкоксона $Z=5,23$ df 36, $p<0,001$ для положительных фузионных резервов и $Z=5,21$ df 36, $p<0,001$ для отрицательных фузионных резервов) и дополнительный их прирост после тренировок на компьютерной программе (по критерию Вилкоксона $Z=5,33$ df 36, $p<0,001$ для положительных фузионных резервов и $Z=2,89$ df 36, $p=0,004$ для отрицательных фузионных резервов).

У всех детей **без фузионных резервов** до лечения они появились в результате тренировок на бинариметре, однако, были достоверно меньше, чем при их наличии (по критерию Манна-Уитни $U=172$ df 75, $p<0,001$ для положительных фузионных резервов и $U=247,5$ df 75, $p<0,001$ для отрицательных фузионных резервов). После тренировок с компьютерными программами фузионные резервы возрастали дополнительно, по сравнению с достижениями на бинариметре (по критерию Вилкоксона $Z=5,5$ df 39, $p<0,001$ для положительных фузионных резервов и $Z=4,7$ df 39, $p<0,001$ для отрицательных фузионных резервов).

Количество пропущенных периферических тест-объектов программы «Скотама» на разных этапах лечения представлено в таблице (табл. 60).

Таблица 60 – Среднее количество пропущенных периферических тест-объектов на разных этапах исследования у детей 1 группы, $M\pm m$

Этапы исследования	Условия наблюдения	
	ЛВГ, $M\pm m$ (n=77)	ХВГ, $M\pm m$ (n=77)
До лечения	4,88±0,3	7,34±0,5
После занятий на бинариметре	1,64±0,3	3,77±0,4
После занятий с компьютерными программами	0,93±0,1	2,66±0,3

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз

Средне-групповые значения количества пропущенных периферических тест-объектов достоверно уменьшались после лечения на бинариметре ($t=19,87$ df 76, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=22,7$ df 76, $p<0,001$ для ХВГ). После занятий с компьютерными программами эти показатели достоверно уменьшались по сравнению с результатами лечения на бинариметре ($t=3,6$ df 76, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=5,27$ df 76, $p<0,001$ для ХВГ).

Наблюдалось и достоверное повышение **остроты зрения** после курса тренировок с компьютерной программой ХВГ с $0,84\pm 0,03$ до $0,94\pm 0,02$ ($t=10,68$ df 88, $p<0,001$) с расстояния от глаз 5м.

В результате второго этапа лечения только средние значения остроты зрения ХВГ были достоверно ниже остроты зрения детей контроля, а острота зрения ЛВГ и бинокулярная острота зрения детей с косоглазием и детей контроля были сопоставимы (табл. 61).

Таблица 61 – Сравнение остроты зрения в 1 группе детей с косоглазием после тренировок с компьютерными программами и детей контрольной группы, $M \pm m$

Условия наблюдения	Контроль (n=92)	Косоглазие (n=77)	Достоверность различий
ЛВГ	1,1±0,01	1,06±0,02	t=1,1 df 167, p=0,28
ХВГ	1,03±0,01	0,94±0,02	t=4,22 df 167, p<0,001
Бинокулярно	1,14±0,02	1,14±0,02	t=0,12 df 167, p=0,91

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Для оценки взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия использовали проявления стереокинетического эффекта (СЭ) в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения у детей 1 группы с содружественным косоглазием до и после функционального лечения. Распределение детей 1 группы до и после лечения в зависимости от особенностей восприятия СЭ (восприятие объема только в виде виртуального конуса, восприятие объема в виде чередования виртуального конуса и виртуальной воронки) представлено на диаграммах (рис. 51).

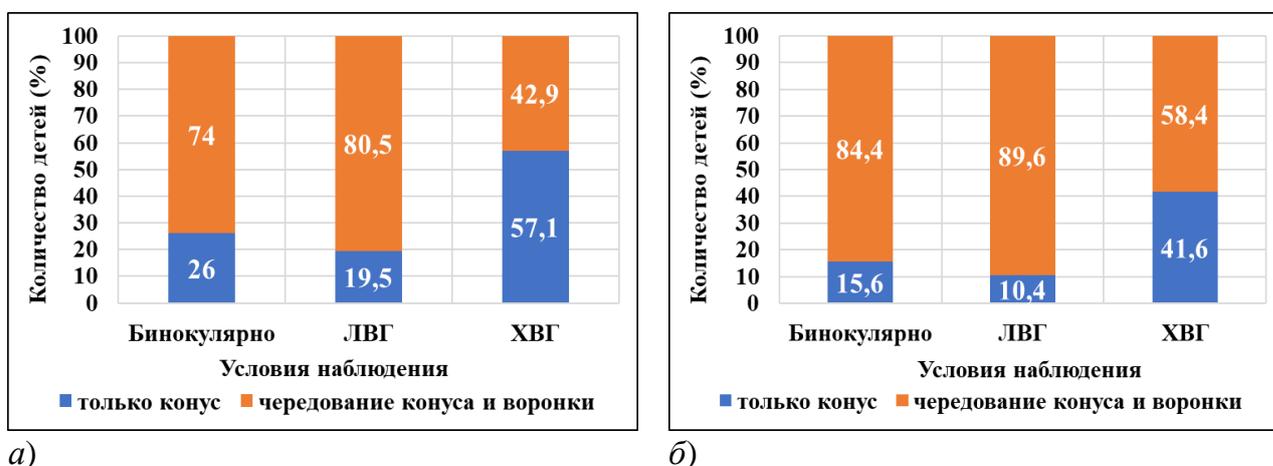


Рисунок 51 – Распределение детей 1-й группы с косоглазием (%) в зависимости от особенностей восприятия СЭ: а) до лечения, б) после лечения

До лечения в 1 группе детей с косоглазием при наблюдении тест-объекта бинокулярно и лучше видящим глазом большая часть детей (n=74, 80,5 %) воспринимали чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, а при наблюдении хуже видящим глазом 57,1% детей воспринимали объем только в виде виртуального конуса. После лечения при наблюдении тест-объекта бинокулярно и лучшевидящим глазом количество детей, воспринимающих чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, увеличилась до 84,4% и 89,6%, соответственно. При наблюдении хуже видящим глазом количество детей, воспринимающих объем только в виде виртуального конуса, уменьшилось до 41,6%, приближаясь к результатам контроля (21,2%). Для всех условий наблюдения разница показателей до и после лечения была достоверной: для бинокулярных условий $\chi^2 = 8$, $p=0,005$; для ЛВГ $\chi^2 = 7$, $p=0,008$; для ХВГ $\chi^2 = 12$, $p=0,001$.

Результаты исследования высоты виртуального конуса в 1 группе детей с косоглазием до и после функционального лечения, а также детей контроля представлены на диаграмме (рис. 52).

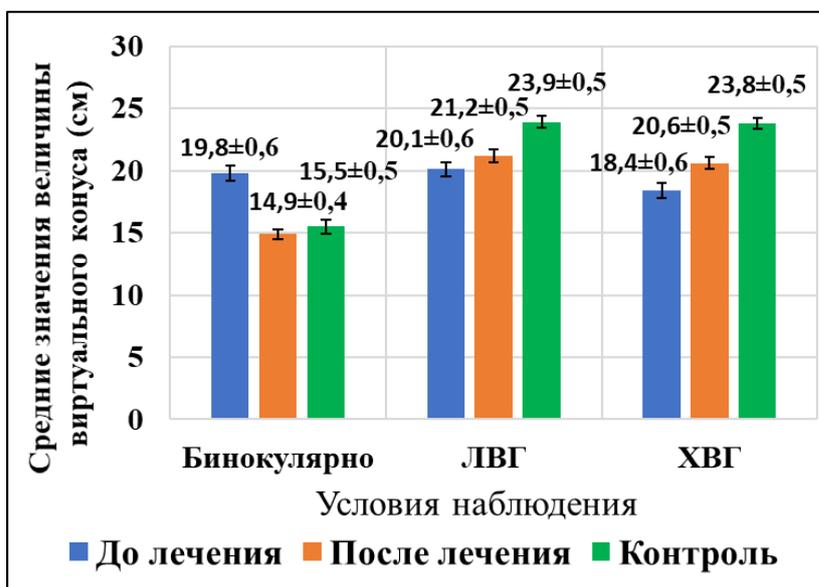


Рисунок 52 – Средние значения оценок величины виртуального конуса до и после функционального лечения: в 1-й группе детей с косоглазием

Заметим, что до лечения средне-групповая величина виртуального конуса в разных условиях наблюдения у детей 1 группы не различалась (по t-критерию для независимых выборок: при сравнении ЛВГ и ХВГ $t=1,9$ df 152, $p=0,06$; при

сравнении бинокулярных условий и ЛВГ $t=0,29$ df 152, $p=0,77$; при сравнении бинокулярных условий и ХВГ $t=0,28$ df 152, $p=0,11$).

После функционального лечения имело место достоверное увеличение средне-групповых величин виртуального конуса для ЛВГ и ХВГ (по t -критерию для связанных выборок: для ЛВГ $t=3,67$ df 152, $p<0,001$; для ХВГ $t=5,04$ df 152, $p<0,001$). В бинокулярных условиях отмечали достоверное снижение среднего значения величины виртуального конуса ($t=7,38$ df 152, $p<0,001$), в монокулярных условиях средние значения для ЛВГ соответствовали средним значениями для ХВГ ($t=0,88$ df 152, $p=0,38$), среднее значение бинокулярных оценок было достоверно ниже монокулярных (при сравнении бинокулярных условий и ЛВГ $t=9,13$ df 152, $p<0,001$; при сравнении бинокулярных условий и ХВГ $t=8,6$ df 152, $p<0,001$).

Величина виртуального конуса для бинокулярных условий у детей с косоглазием превышала аналогичные показатели детей контрольной группы ($t=4,8$ df 221, $p<0,001$), после лечения достоверной разницы не выявляли ($t=0,75$ df 221, $p=0,46$). До лечения значения ЛВГ и ХВГ у детей с косоглазием были достоверно ниже контрольных показателей ($t=4,9$ df 221, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=6,85$ df 221, $p<0,001$ для ХВГ). После лечения, несмотря на существенное их повышение, они не достигли показателей контроля ($t=3,54$ df 221, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=4,67$ df 221, $p<0,001$ для ХВГ).

Таким образом, последовательное использование в функциональном лечении детей с содружественным косоглазием без явлений устойчивого функционального торможения метода бинариметрии и разработанных нами компьютерных программ позволяло увеличить количество детей с устойчивым бифовеальным слиянием, улучшить состояние аккомодации, уменьшить величину девиации, повысить остроту зрения, увеличить количество детей с наличием стереозрения за счет нормализации векторных отношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия.

3.2.2 Результаты лечения детей 2 группы с содружественным косоглазием

Клинические характеристики 2 группы детей с содружественным косоглазием представлены в таблице (табл. 62).

Таблица 62 – Клинические характеристики 2 группы детей с косоглазием

Клинические характеристики		2 группа детей с косоглазием (n=89)	
		Абс. число детей	%
Количество мальчиков / девочек		53/36	59,6/40,4
Сходящееся косоглазие		76	85,4
Расходящееся косоглазие		13	14,6
Монолатеральное косоглазие		30	33,7
Альтернирующее косоглазие		59	66,3
Рефракция	Гиперметропическая	78	87,6
	Миопическая	10	11,3
	Смешанный астигматизм	1	1,1
Возраст возникновения косоглазия	До 1 года	10	11,2
	1-2 года	38	42,7
	3-4 года	37	41,6
	5-6 лет	4	4,5
Количество детей с неоперированным косоглазием		43	48,3
Количество детей с оперированным косоглазием	в возрасте 4-5 лет	13	14,6
	в возрасте 6-7 лет	28	31,6
	в возрасте 8-10 лет	3	3,3
	в возрасте 11-13 лет	2	2,2
Количество детей с ортотропией		25	28,2
Количество детей с экзотропией до 5°		5	5,6
Количество детей с экзотропией от 6° до 10°		6	6,7
Количество детей с эзотропией до 5°		24	27
Количество детей с эзотропией от 6° до 10°		29	32,5
Исследование на синоптофоре под ОУ	НКС ↔ ФСП	47	52,8
	устойчивая ФСП	42	47,2
Исследование с ТБМ под ОУ	диплопия ↔ ФСП	12	13,5
	НКС ↔ ФСП	39	43,8
	регионарная ФСП	20	22,5
	тотальная ФСП	18	20,2
Наличие стереозрения по Fly-тесту		0	0
Наличие стереозрения по Lang-тесту		0	0
<i>Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i>			

Острота зрения лучшевидящего глаза (ЛВГ) детей 2 группы составляла в среднем $0,84 \pm 0,02$, хужевидящего глаза (ХВГ) – $0,59 \pm 0,03$.

В связи с тем, что у всех детей 2 группы наблюдали более выраженные явления стойкого функционального торможения, для устранения которого на первом этапе лечения применяли **способ восстановления бинокулярного зрения с использованием жидкокристаллических очков (ЖКО) конструкции Пьера Шомо**. Результаты первого этапа лечения 2 группы пациентов с косоглазием представлены в таблице (табл. 63).

Таблица 63 - Динамика показателей величины девиации и зрительных функций в результате лечения с использованием ЖКО пациентов 2 группы

Клинические характеристики		2 группа детей с косоглазием до и после лечения с ЖКО (n=89)			
		до лечения		после лечения	
		Абс. число детей	%	Абс. число детей	%
Ортотропия		25	28,2	55	61,9
Величина экзотропии до 5°		5	5,6	6	6,7
Величина экзотропии от 6° до 10°		6	6,7	0	0
Величина эзотропии до 5°		24	27	16	17,9
Величина эзотропии от 6° до 10°		29	32,5	12	13,5
Исследование на синоптофоре под ОУ	НКС с фузионными резервами	0	0	63	70,8
	НКС ↔ ФСП	47	52,8	26	29,2
	устойчивая ФСП	42	47,2	0	0
Исследование с ТБМ под ОУ	НКС	0	0	37	41,6
	НКС ↔ диплопия	0	0	15	16,8
	диплопия ↔ ФСП	12	13,5	0	0
	НКС ↔ ФСП	39	43,8	37	41,6
	регионарная ФСП	20	22,5	0	0
	тотальная ФСП	18	20,2	0	0
Наличие стереозрения по Fly-тесту		0	0	19	21,3
Наличие стереозрения по Lang-тесту		0	0	0	0
<i>Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i>					

Полученные данные демонстрируют: достоверное уменьшение величины девиации и пациентов увеличение количества с ортотропией с 28,2% до 61,9% детей; появление НКС с фузионными резервами при исследовании на синоптофоре у 70,8% детей, устойчивого бинокулярного слияния при исследовании с ТБМ у 41,6% детей и стереозрения у 21% детей по Fly-тесту. Наблюдали устранение устойчивого торможения у всех пациентов этой группы.

На следующем этапе лечения использовали занятия на бинаримере.

Также, как и у детей 1 группы исследовали на расстояниях от глаз 0,5, 1,0 и 5,0 м монокулярную и бинокулярную (под контролем БЗО) остроту зрения, оптимальную оптическую коррекцию монокулярно и под контролем БЗО, ОАА и ООА (см. раздел 3.1.6.). В результате сравнительной оценки силы оптической коррекции в монокулярных условиях и под контролем БЗО, у всех 74 детей с содружественным **сходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции** для успешного формирования БЗО требовалось увеличение силы положительных корригирующих линз для каждого глаза (табл. 64).

Таблица 64 - Показатели разницы оптимальной силы корригирующего стекла в монокулярных условиях и под контролем БЗО у детей с содружественным сходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции, Me [Q₁; Q₃]

Глаза	Расстояния, м	До лечения	После лечения	Достоверность разницы показателей
ЛВГ (n=74)	0,5	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,5]	Me = 0,5 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,80 df 73, p<0,001
	1	Me=2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,85 df 73, p<0,001
	5	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,82 df 73, p<0,001
ХВГ (n=74)	0,5	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,5]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,80 df 73, p<0,001
	1	Me = 2,5 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,84 df 73, p<0,001
	5	Me = 2,25 [Q ₁ = 2,0; Q ₃ =3,0]	Me = 0 [Q ₁ = 0; Q ₃ = 0,5]	z=6,83 df 73, p<0,001

Примечания: ЛВГ-лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, z – (z -score) для критерия Вилкоксона, df – степени свободы, p – статистическая значимость

В результате лечения на бинариметре разница в силе оптической коррекции (монокулярно и под контролем БЗО) уменьшилась до 1,0-0,5 D у 32 детей, исчезла у 33 детей, а у 9 детей сила оптимальной коррекции для бинокулярных условий после лечения была на 0,5 D меньше, чем для монокулярных.

У семи детей с **расходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции** для успешного формирования БЗО была необходима более сильная миопическая коррекция на 2,5-3,5D по сравнению с оптимальной силой стекол для монокулярных условий.

У большинства детей с несоответствующей рефракцией (миопической при сходящемся косоглазии и гиперметропической – при расходящемся) сила корригирующих стекол зависела от вида косоглазия. У двух детей со сходящимся косоглазием на фоне миопической рефракции БЗО легче возникал и лучше удерживался при оптической силе отрицательных корригирующих стекол на 2,0-2,5 D меньше по сравнению с монокулярными условиями. У шести детей с расходящимся косоглазием на фоне гиперметропической рефракции БЗО легче формировался при оптической силе положительных стекол на 2,5-3,0 D меньше по сравнению с монокулярными условиями.

Так же, как и у детей 1 группы с косоглазием, проведенный анализ был необходим для индивидуального подбора оптической коррекции, создающей наиболее благоприятные условия для формирования БЗО на первых этапах лечения на бинариметре. Дальнейшая техника проведения лечения на бинариметре соответствовала классической методике проведения зрительных упражнений, направленных на развитие бифовеального слияния, фузионных резервов, аккомодации и повышение остроты зрения (см. раздел 2.4.2.). Курс лечения, так же, как и в 1 группе включал 15 занятий по 20-25 минут.

По мере улучшения способности к формированию и удержания БЗО, развития фузионных резервов и аккомодации, силу корригирующих стекол,

используемых во время зрительных упражнений, постепенно приближали к показателям, полученным в монокулярных условиях.

Анализировали динамику аккомодации и остроты зрения на фоне лечения на бинариметре для расстояний 5м, 1м и 0,5м от глаз отдельно для лучшевидящего глаза, хужевидящего глаза и в бинокулярных условиях наблюдения. Результаты сравнения средних значений **ОАА** (для ЛВГ и для ХВГ) и **ООА** (под контролем (БЗО)), демонстрируют достоверное увеличение как монокулярных, так и бинокулярных показателей для всех расстояний исследования (5м, 1м и 0,5м от глаз) в результате лечения на бинариметре (табл. 65).

Таблица 65 – Средние значения ОАА (для ЛВГ и для ХВГ) и ООА (под контролем БЗО) до и после лечения на бинариметре детей 2 группы с косоглазием, $M \pm m$ (D)

Расстояния, м	Условия исследования	До лечения, $M \pm m$	После лечения, $M \pm m$	Достоверность разницы объема аккомодации до и после лечения
0,5	ЛВГ (n=89)	4,3±0,09	5,6±0,05	t=11,7 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	2,3±0,07	4,5±0,07	t=22,2 df 88, p<0,001
	Бинокулярно (n=89)	1,2±0,05	3,0±0,07	t=22,3 df 88, p<0,001
1	ЛВГ (n=89)	5,4±0,1	6,4±0,07	t=9,8 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	2,4±0,07	5,1±0,09	t=22,6 df 88, p<0,001
	Бинокулярно (n=89)	1,5±0,05	3,6±0,07	t=20,8 df 88, p<0,001
5	ЛВГ (n=89)	4,3±0,09	5,6±0,09	t=12,1 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	2,3±0,07	4,5±0,07	t=21,9 df 88, p<0,001
	Бинокулярно (n=89)	1,2±0,04	3,9±0,07	t=22,3 df 88, p<0,001

Примечание: ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Анализ динамики показателей аккомодации после лечения на бинариметре пациентов 2 группы демонстрирует достоверное увеличение как ОАА, так и АОО для всех расстояний (5м, 1м и 0,5м от глаз).

Сравнение показателей аккомодации для разных расстояний исследования как до, так и после лечения показало, что ОАА и ООА для расстояния 1м после лечения выросли достоверно больше, чем для расстояния 5м и для расстояния 0,5м от глаз. Исключениями стали (с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений) сопоставимые данные для ХВГ в паре сравнения 1м-5м до лечения и для ЛВГ в паре сравнений 1м-0,5м после лечения. Результаты для расстояний 0,5 и 5м во всех условиях наблюдения были сопоставимы (табл. 66).

Таблица 66 – Сравнение ОАА (для ЛВГ и для ХВГ) и ООА на разных расстояниях от глаз детей 2 группы с косоглазием

Условия исследования		Сравниваемые пары значений		
		5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ (n=89)	До лечения	t=11,5 df 88, p<0,001	t=1,3 df 88, p=0,21	t=11,2 df 88, p<0,001
	После лечения	t=12,3 df 88, p<0,001	t=1,0 df 88, p=0,32	t=2,1 df 88, p=0,034
ХВГ (n=89)	До лечения	t=2,2 df 88, p=0,035	t=1,4 df 88, p=0,16	t=6,1 df 88, p<0,001
	После лечения	t=7,3 df 88, p<0,001	t=1,0 df 88, p=0,32	t=13,9 df 88, p<0,001
Бинокулярно (n=89)	До лечения	t=5,5 df 88, p<0,001	t=1,0 df 88, p=0,32	t=7,7 df 88, p<0,001
	После лечения	t=7,5 df 88, p<0,001	t=1,0 df 88, p=0,32	t=7,7 df 88, p<0,001

Примечания: ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Результаты сравнения скорректированной остроты зрения до и после лечения на бинариметре на разных расстояниях демонстрируют достоверное увеличение как бинокулярной, так монокулярной остроты зрения на всех исследуемых расстояниях от глаз после лечения на бинариметре (табл. 67).

Таблица 67 – Сравнение скорректированной остроты зрения 2 группы детей с косоглазием до и после лечения на бинариметре

Расстояния, м	Условия исследования	До лечения, М±m	После лечения, М±m	Достоверность разницы остроты зрения до и после лечения
0,5	ЛВГ (n=89)	0,87±0,02	1,0±0,02	t=11,02 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	0,65±0,02	0,8±0,03	t=12,72 df 88, p<0,001
	Биокулярно (n=89)	0,87±0,02	1,0±0,02	t=10,83 df 88, p<0,001
1	ЛВГ (n=89)	0,89±0,02	1,1±0,02	t=12,61 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	0,67±0,03	0,87±0,03	t=13,63 df 88, p<0,001
	Биокулярно (n=89)	0,88±0,02	1,1±0,02	t=12,61 df 88, p<0,001
5	ЛВГ (n=89)	0,86±0,02	1,0±0,02	t=11,21 df 88, p<0,001
	ХВГ (n=89)	0,64±0,02	0,79±0,02	t=13,05 df 88, p<0,001
	Биокулярно (n=89)	0,86±0,02	1,0±0,02	t=11,52 df 88, p<0,001

Примечание: ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Результаты сравнения показателей остроты зрения для разных расстояний представлены в таблице (табл. 68).

Таблица 68 – Сравнение показателей остроты зрения на разных расстояниях от глаз до и после лечения на бинариметре детей 2 группы с косоглазием

Условия исследования		Пары сравниваемых значений		
		5м-1м	5м-0,5м	1м-0,5м
ЛВГ (n=89)	До лечения	t=5,02 df 88, p<0,001	t=2,1 df 88, p=0,04	t=3,48 df 88, p=0,001
	После лечения	t=7,5 df 88, p<0,001	t=2,16 df 88, p=0,033	t=3,91 df 88, p<0,001
ХВГ (n=89)	До лечения	t=5,6 df 88, p<0,001	t=2,68 df 88, p=0,009	t=2,16 df 88, p=0,033
	После лечения	t=8,7 df 88, p<0,001	t=2,32 df 88, p=0,023	t=6,7 df 88, p<0,001
Биокулярно (n=89)	До лечения	t=4,03 df 88, p<0,001	t=2,83 df 88, p=0,06	t=7,28 df 88, p<0,001
	После лечения	t=7,25 df 88, p<0,001	t=2,18 df 88, p=0,032	t=6,34 df 88, p<0,001

Примечания: ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Как и у пациентов 1 группы, показатели остроты зрения для расстояния 1м от глаз после лечения оказались достоверно более высокими, чем для расстояния 5м и для 0,5м. Исключением можно считать только сопоставимые (с учетом поправки Бонферрони) данные для пары сравнений 1м-0,5м до лечения для ХВГ.

Для сравнения показателей аккомодации и остроты зрения, достигнутых в результате лечения на бинариметре у детей 2 группы с косоглазием с показателями детей без офтальмопатологии, провели сравнительный анализ также, как у детей 1 группы с косоглазием (см. раздел 3.2.1.).

Показатели ОАА (для ЛВГ и для ХВГ) и **ООА** (под контролем БЗО) у детей с косоглазием и детей контроля представлены в таблице (табл. 69).

Таблица 69 - Средние значения ОАА и ООА у детей с косоглазием 2 группы после лечения на бинариметре и у детей контрольной группы, $M \pm m$ (D)

Расстояния, м	Условия исследования	Средние значения объема аккомодации, $M \pm m$ (D)		Достоверность разницы показателей детей с косоглазием и детей контроля
		Контроль (n=92)	Косоглазие (n=89)	
5м	ОАА ЛВГ	7,95±0,12	5,6±0,09	t=15,37 df 179, p<0,001
	ОАА ХВГ	7,9±0,12	4,48±0,07	t=24,35 df 179, p<0,001
	ООА	3,12±0,07	3,04±0,07	t=0,81 df 179, p=0,42
1м	ОАА ЛВГ	8,87±0,11	6,44±0,07	t=18,34 df 179, p<0,001
	ОАА ХВГ	8,71±0,15	5,11±0,09	t=20,14 df 179, p<0,001
	ООА	3,46±0,05	3,65±0,07	t=1,93 df 179, p=0,056
0,5м	ОАА ЛВГ	8,05±0,12	5,6±0,09	t=16,44 df 179, p<0,001
	ОАА ХВГ	8,0±0,41	4,5±0,07	t=25,81 df 179, p<0,001
	ООА	3,22±0,06	3,04±0,07	t=1,73 df 179, p=0,084

Примечания: ЛВГ- лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Представленные данные демонстрируют сопоставимые показатели ООА (под контролем БЗО) у детей 2 группы с косоглазием после лечения на бинариметре и детей контрольной группы для всех расстояний исследования.

ОАА (как ЛВГ, так и ХВГ) для всех расстояний у детей с косоглазием оставался меньше по сравнению с показателями контрольной группы, несмотря на их существенное увеличение в результате лечения на бинариметре.

Средние значения **монокулярной и бинокулярной** (под контролем БЗО) **остроты зрения** у детей с косоглазием и у детей контроля представлены в таблице (табл. 70).

Таблица 70 - Средние значения монокулярной и бинокулярной **корригированной остроты зрения** у детей 2 группы с косоглазием после лечения на бинариметре и у детей контрольной группы

Расстояния, м	Условия исследования	Средние значения остроты зрения, М±m		Достоверность разницы остроты зрения у детей с косоглазием и у детей контроля
		Контроль (n=92)	Косоглазие (n=89)	
5м	ЛВГ	1,1±0,01	1±0,02	t=3,4 df 179, p=0,001
	ХВГ	1,03±0,01	0,79±0,03	t=8,55 df 179, p<0,001
	Бинокулярно	1,14±0,02	1,03±0,02	t=4,54 df 179 p<0,001
1м	ЛВГ	1,17±0,02	1,1±0,02	t=3,61 df 179, p<0,001
	ХВГ	1,08±0,01	0,87±0,03	t=6,57 df 179, p<0,001
	Бинокулярно	1,26±0,01	1,12±0,02	t=4,94 df 179, p<0,001
0,5м	ЛВГ	1,1±0,01	1,01±0,02	t=4,2 df 179, p<0,001
	ХВГ	1,03±0,01	0,8±0,03	t=8,43 df 179, p<0,001
	Бинокулярно	1,16±0,01	1,04±0,02	t=5,11 df 179, p<0,001

Примечания: t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Несмотря на значительное повышение остроты зрения у детей 2 группы с косоглазием в результате лечения на бинариметре, монокулярная (как для ЛВГ, так и для ХВГ) и бинокулярная острота зрения на всех расстояниях от глаз была достоверно ниже показателей детей контрольной группы.

Кроме того, **анализировали динамику величины девиации и показателей бинокулярных зрительных функций.**

Полученные данные демонстрируют: увеличение количества пациентов с ортотропией с 61,9% до 84,3% детей; увеличение количества детей, имеющих НКС с фузионными резервами при исследовании на синоптофоре с 70,8% до 91%; увеличение пациентов с бинокулярным слиянием в условиях анаглифного разделения полей зрения с 41,6 % до 75,3%; увеличение количества детей, имеющих стереозрение с 21,3% до 76,4% по Fly-тесту и появление стереозрения у 12,4% детей по Lang-тесту (табл. 71).

Таблица 71 – Динамика девиации, корреспонденции сетчаток и стереозрения в результате лечения на бинариметре детей 2 группы с косоглазием

Клинические характеристики		2 группа детей с косоглазием до и после лечения на бинариметре (n=89)			
		до лечения		после лечения	
		Абс. число детей	%	Абс. число детей	%
Ортотропия		55	61,9	75	84,3
Величина экзотропии до 5°		6	6,7	0	0
Величина эзотропии до 5°		16	17,9	14	15,7
Величина эзотропии от 6° до 10°		12	13,5	0	0
Исследование на синоптофоре под ОУ	НКС с фузионными резервами	63	70,8	81	91
	НКС ↔ ФСП	26	29,2	8	9
Исследование с ТБМ под ОУ	НКС	37	41,6	67	75,3
	НКС ↔ диплопия	15	16,8	9	10,1
	НКС ↔ ФСП	37	41,6	13	14,6
Наличие стереозрения по Fly-тесту		19	21,3	68	76,4
Наличие стереозрения по Lang-тесту		0	0	11	12,4
<i>Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i>					

В связи с тем, что, несмотря на положительную динамику бинокулярных зрительных функций, аккомодации и остроты зрения после второго этапа лечения у детей этой группы показатели стереозрения еще оставались сниженными, на следующем (третьем) этапе лечения им проводили занятия с

использованием компьютерных программ, направленных на развитие бинокулярного и стереозрения. Курс лечения включал также 15 занятий по 20 минут в день и проводился по той же схеме, что и в 1-й группе. Результаты лечения представлены в таблице (табл. 72).

Таблица 72 – Динамика показателей величины девиации, корреспонденции сетчаток и стереозрения в результате тренировок с компьютерными программами 2 группы детей с косоглазием

Клинические характеристики		2-я группа детей с косоглазием до и после лечения с компьютерными программами (N=89)			
		до лечения		после лечения	
		Абс. число детей	%	Абс. число детей	%
Ортотропия		75	84,3	78	87,6
Величина эзотропии до 5°		14	15,7	11	12,4
Исследование на синоптофоре ОУ	НКС с фузионными резервами	81	91	84	94,4
	НКС ↔ ФСП	8	9	5	5,6
Исследование с ТБМ под ОУ	НКС	67	75,3	89	100
	НКС ↔ диплопия	9	10,1	0	0
	НКС ↔ ФСП	13	14,6	0	0
Наличие стереозрения по Fly-тесту		68	76,4	83	93,3
Наличие стереозрения по Lang-тесту		11	12,4	31	34,8
<i>Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия</i>					

В результате занятий с компьютерными программами наблюдалось: увеличение количества детей с ортотропией с 84,3% до 87,6%; детей, имеющих НКС с фузионными резервами при исследовании на синоптофоре с 91% до 94,4%; количества детей с бинокулярным слиянием в условиях анаглифного разделения полей зрения с 75,3% до 100%; количества детей, имеющих стереозрение по Fly-тесту с 76,4% до 93,3% и по Lang-тесту с 12,4% до 34,8%.

Кроме того, проводили мониторинг показателей фузионных резервов в ходе лечения (табл. 73).

Таблица 73 – Результаты мониторинга фузионных резервов в процессе функционального лечения детей 2 группы с косоглазием

Период исследования	Фузионные резервы, М±m	
	Положительные	Отрицательные
До лечения на бинариметре	4,34±0,19	2,3±0,13
После лечения на бинариметре	8,75±0,17	3,5±0,03
После тренировок с компьютерными программами	12,12±0,2	4,91±0,09

В результате лечения на бинариметре наблюдали достоверное увеличение фузионных резервов ($t=18,8$ df 88, $p<0,001$ для положительных; $t=6,34$ df 88, $p<0,001$ для отрицательных фузионных резервов). После тренировок с компьютерными программами наблюдали увеличение фузионных резервов по сравнению с результатами лечения на бинариметре ($t=14,98$ df 88, $p<0,001$ для положительных и $t=9,67$ df 88, $p<0,001$ для отрицательных фузионных резервов).

Результаты оценки при помощи программы «Скотама» количества пропущенных периферических тест-объектов на разных этапах исследования у детей 2-й группы представлены в таблице (табл. 74).

Таблица 74 – Среднее количество пропущенных периферических тест-объектов на разных этапах исследования у детей 2 группы с косоглазием

Период исследования	Условия наблюдения	
	ЛВГ, М±m (n=89)	ХВГ, М±m (n=89)
До лечения	8,4±0,7	16,13±1,1
После занятий с ЖКО	4,77±0,6	10,93±0,8
После занятий на бинариметре	3,17±0,4	6,79±0,6
После занятий с компьютерными программами	1,67±0,2	3,81±0,4

Примечания: ЛВГ – лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, ЖКО – жидкокристаллические очки

Средне-групповое количество пропущенных периферических тест-объектов по критерию Стьюдента для связанных выборок, демонстрирует их достоверное уменьшение после лечения с ЖКО ($t=15,8$ df 88, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=16,46$ df 88, $p<0,001$ для ХВГ), а также, после лечения на бинариметре ($t=6,56$ df 88, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=13$ df 88, $p<0,001$ для ХВГ) и после занятий с компьютерными программами (по сравнению с лечением на бинариметре $t=7,8$ df 88, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=11,1$ df 88, $p<0,001$ для ХВГ).

При этом средне-групповые количества пропущенных периферических тест-объектов во 2-й группе детей с косоглазием достоверно превышали показатели 1-й группы как до лечения ($t=4,1$ df 164, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=7,4$ df 164, $p<0,001$ для ХВГ), так и после него ($t=2,61$ df 164, $p=0,01$ для ЛВГ и $t=2,4$ df 164, $p=0,016$ для ХВГ).

После курса тренировок с компьютерной программой повышалась острота зрения с $1,0\pm 0,02$ до $1,04\pm 0,01$ ($t=5,63$ df 88, $p<0,001$) для ЛВГ и с $0,79\pm 0,03$ до $0,9\pm 0,02$ ($t=10,68$ df 88, $p<0,001$) для ХВГ. В отличие от 1-й группы у детей 2-й группы средне-групповые значения и монокулярной и бинокулярной остроты зрения, несмотря на положительную динамику в результате лечения были ниже, чем в контроле (табл. 75).

Таблица 75 – Сравнение скорректированной остроты зрения с расстояния от глаз 5м детей 2 группы с косоглазием после тренировок с компьютерными программами и детей контроля

Условия исследования	Контроль (n=92)	Косоглазие (n =89)	Значимость разницы ОЗ детей с косоглазием 2 группы и детей контроля
ЛВГ	$1,1\pm 0,01$	$1,04\pm 0,01$	$t=2,04$ df 179, $p=0,043$
ХВГ	$1,03\pm 0,01$	$0,9\pm 0,02$	$t=6$ df 179, $p<0,001$
Бинокулярно	$1,14\pm 0,02$	$1,1\pm 0,02$	$t=2,3$ df 179, $p=0,022$

Примечания: ОЗ – скорректированная острота зрения, t – критерий Стьюдента для несвязанных выборок, df – степени свободы, p – уровень статистической значимости

Для оценки взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия использовали проявления стереокинетического эффекта (СЭ) в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения у детей 2-й группы до и после функционального лечения.

Распределение детей 2-й группы в зависимости от восприятия виртуальной фигуры в виде конуса или воронки до и после лечения представлено на диаграмме (рис. 53).

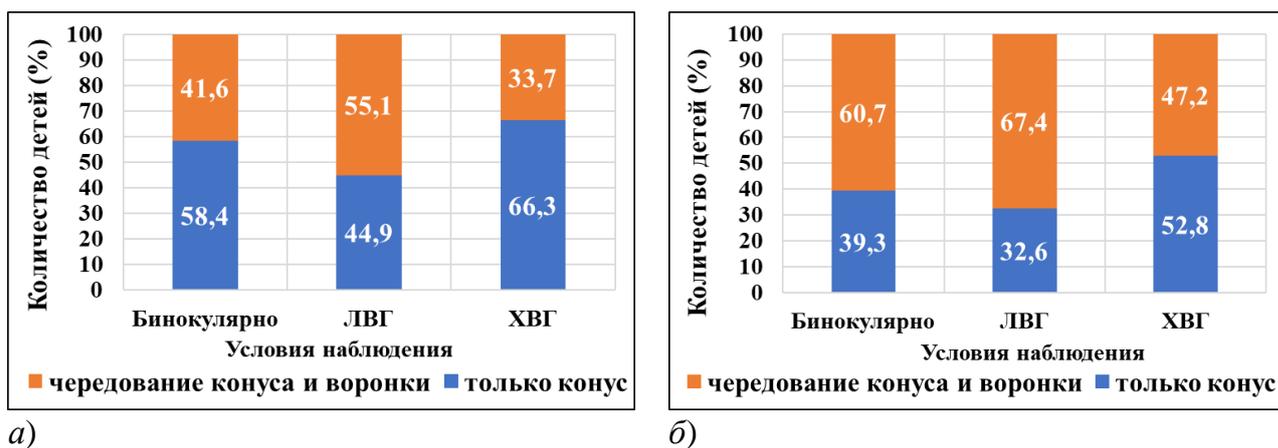


Рисунок 53 - Распределение детей 2-й группы (%) в зависимости от особенностей восприятия СЭ: а) до лечения, б) после лечения

До лечения большая часть (55,1%) детей с косоглазием 2-й группы, наблюдая тест-объект лучшевидящим глазом, воспринимала чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, а, наблюдая его в бинокулярных условиях и хужевидящим глазом большая часть детей (58,4% и 66,3%, соответственно) воспринимали объем только в виде виртуального конуса.

После лечения во 2 группе детей с косоглазием при наблюдении тест-объекта бинокулярно и лучшевидящим глазом количество детей, воспринимающих чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, увеличилось во всех условиях наблюдения (60,7% для бинокулярных условий, 67,4% для ЛВГ и 47,2% для ХВГ). Для всех условий наблюдения разница показателей до и после лечения была достоверной: для бинокулярных условий $\chi^2 = 17$, $p < 0,001$; для ЛВГ $\chi^2 = 11$, $p = 0,001$; для ХВГ $\chi^2 = 12$, $p = 0,001$.

Таким образом, в результате функционального лечения детей с косоглазием 2 группы, количество детей, воспринимающих чередование виртуального конуса и виртуальной воронки, увеличилось, приближаясь к показателям контрольной группы.

Результаты исследования высоты виртуального конуса во 2 группе детей с косоглазием до и после функционального лечения и детей контрольной группы представлены на диаграмме (рис. 54).

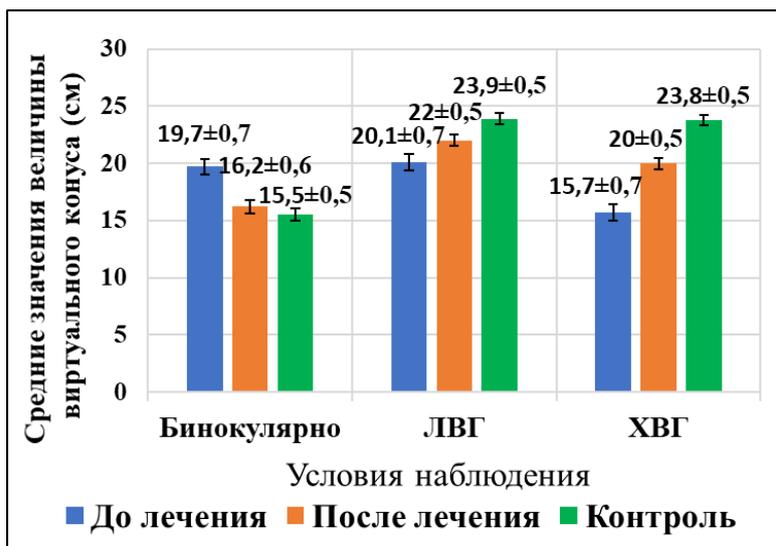


Рисунок 54 - Средние значения оценок величины виртуального конуса до и после функционального лечения у детей 2 группы с косоглазием и детей контрольной группы

При сравнении средних оценок величины виртуального конуса в разных условиях наблюдения у детей 2 группы нужно отметить достоверно меньшие значения до лечения для ХВГ, чем для ЛВГ и чем для бинокулярных условий (по t-критерию для независимых выборок $t=4,6$ df 176, $p<0,001$ и $t=4,2$ df 176, $p<0,001$ соответственно). В то же время показатели до лечения для бинокулярных условий соответствовали показателям для ЛВГ (по t-критерию для независимых выборок $t=0,35$ df 176, $p=0,72$).

В результате лечения достоверно увеличивались средние показатели величины виртуального конуса для ЛВГ и ХВГ (по t-критерию для связанных выборок: для ЛВГ $t=3,71$ df 176, $p<0,001$; для ХВГ $t=8,25$ df 176, $p<0,001$), а также достоверно уменьшались средние значения величины виртуального конуса (по t-критерию для связанных выборок $t=5,66$ df 176, $p<0,001$). В монокулярных условиях средние значения величины виртуального конуса для

ХВГ, несмотря на достоверное увеличение после лечения, оставались меньше, чем для ЛВГ ($t=2,77$ *df* 176, $p=0,006$), при этом среднее значение бинокулярных оценок было достоверно ниже, чем для ЛВГ и ХВГ ($t=7,52$ *df* 176, $p<0,001$ и $t=4,7$ *df* 176, $p<0,001$ соответственно).

Средне-групповая величина виртуального конуса в бинокулярных условиях у детей 2 группы с косоглазием была достоверно больше по сравнению с контролем ($t=4,7$ *df* 233, $p<0,001$). После лечения показатели детей с косоглазием соответствовали показателям детей контроля ($t=0,75$ *df* 233, $p=0,46$).

У детей 2 группы с косоглазием до лечения в монокулярных условиях для ЛВГ и для ХВГ значения были ниже контрольных ($t=4,8$ *df* 233, $p<0,001$ для ЛВГ и $t=10,2$ *df* 233, $p<0,001$ для ХВГ). После лечения, несмотря на существенное повышение, средне-групповые показатели так и не достигли контроля ($t=2,88$ *df* 233, $p=0,004$ для ЛВГ и $t=5,24$ *df* 233, $p<0,001$ для ХВГ).

Таким образом, в результате последовательного использования ЖКО, бинариметрии и разработанных нами компьютерных программ, в функциональном лечении детей с содружественным косоглазием, имеющих явления функционального торможения, у большинства детей устранялась функциональная скотома, развивалось бифовеальное слияние и фузионные резервы, улучшались аккомодационные способности и острота зрения, появлялось и улучшалось качество стереозрения, а также имело место положительная динамика векторных отношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения.

3.2.3 Результаты лечения 3 группы детей с содружественным косоглазием

Детям 3 группы с выявленными на диагностическом этапе работы явлениями ПМФ проводили лечение, направленное на формирование и закрепление нормальной ретино-кортикальной связи, а затем на развитие стереозрения.

Клинические характеристики детей 3 группы с содружественным косоглазием представлены в таблице (табл. 76).

Таблица 76 – Клинические характеристики детей 3 группы с косоглазием

Клиническая характеристика		3 группа детей с косоглазием (n=44)	
		Абс. число детей	%
Количество мальчиков / девочек		17 / 27	38,6 / 61,4
Сходящееся косоглазие		28	63,6
Расходящееся косоглазие		16	36,4
Монолатеральное косоглазие		16	36,4
Альтернирующее косоглазие		28	63,6
Рефракция	гиперметропическая	31	70,4
	Миопическая	8	18,2
	смешанный астигматизм	4	9,1
	Эмметропическая	1	2,3
Количество детей с неоперированным косоглазием		9	20,5
Количество детей с оперированным косоглазием	в возрасте 4-5 лет	10	22,7
	в возрасте 6-7 лет	19	43,2
	в возрасте 8-10 лет	4	9,1
	в возрасте 11-14 лет	2	4,5
Ортотропия, достигнутая в результате хирургического лечения или оптимальной оптической коррекции		13	29,5
Количество детей с величиной экзотропии до 5°		9	20,5
Количество детей с величиной экзотропии от 6° до 10°		7	15,9
Количество детей с величиной эзотропии до 5°		5	11,4
Количество детей с величиной эзотропии от 6° до 10°		10	22,7

Всем детям 3 группы на первом этапе лечения проводили упражнения на синоптофоре, способствующие более точной проекции изображения на центральную зону сетчатки каждого глаза. Механическое разделение полей зрения и отсутствие дополнительных периферических стимулов являлось благоприятным условием для развития бифовеального слияния и торможения аномальной ретинокортикальной связи.

Ортоптические упражнения на синоптофоре проводили по классической методике (см. раздел 2.4.1.) Курс лечения включал 15 занятий по 20 минут в день. Характеристики бинокулярных зрительных функций до и после ортоптического лечения на синоптофоре детей с явлениями ПМФ представлены в таблице (табл. 77)

Таблица 77 – Характеристики бинокулярных зрительных функций у детей 3 группы с косоглазием до и после курса ортоптического лечения на синоптофоре

Характеристики бинокулярных зрительных функций		3 группа детей с косоглазием (n=44)			
		До лечения, абс. число детей (%)		После лечения, абс. число детей (%)	
Исследование на синоптофоре под ОУ	НКС с фузионными резервами	28 (63,6)		38 (86,4)	
	НКС ↔ ФСП	5 (11,4)		0	
	диплопия	11 (25)		6 (13,6)	
Исследование на синоптофоре под СУ	НКС с фузионными резервами	13 (29,5)		34 (77,3)	
	АКС устойчивая	11 (25)		6 (13,6)	
	АКС ↔ ФСП	20 (45,5)		4 (9,1)	
Исследование с ТБМ под ОУ	НКС	20 (45,5)		36 (81,8)	
	НКС ↔ диплопия	8 (18,1)		0	
	диплопия	11 (25)		8 (18,2)	
	НКС ↔ ФСП	5 (11,4)		0	
Исследование с ТБМ под СУ	НКС	13	29,5	34	77,3
	АКС	11	25	6	13,6
	АКС ↔ ФСП	20	45,5	4	9,1
Наличие стереозрения по Fly-тесту		5	11,4	13	29,5
Наличие стереозрения по Lang-тесту		0	0	0	0
Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, АКС – аномальная корреспонденция сетчаток, ОУ – объективный угол косоглазия, СУ – субъективный угол косоглазия					

Представленные результаты демонстрируют увеличение количества детей с НКС при исследовании на синоптофоре – в условиях механического разделения полей зрения, и с устойчивым бифовеальным слиянием при

исследовании с ТБМ – в условиях анаглифного разделения полей зрения. Количество детей с наличием стереозрения по Fly-тесту увеличилось после курса лечения с пяти (11,4%) до 13 (29,5%). Lang-тест у всех детей был отрицательным как до, так и после курса ортоптического лечения. Увеличилось количество детей с ортотропией с 13 (29,5%) до 34 (77,3%). Средние значения остроты зрения в результате этого этапа лечения оставались без изменений – $0,95 \pm 0,02$ для ЛВГ и $0,85 \pm 0,03$ для ХВГ.

Проявления ПМФ (в виде феномена блеска, мнимых дополнительных маркировочных полосок или мнимых дополнительных зрительных образов) в монокулярных условиях исследования исчезли у 29 (65,9%) детей. У остальных 15 детей (10 детей со сходящимся и 5 детей – с расходящимся косоглазием), несмотря на проводимые курсы занятий, продолжала наблюдаться способность к восприятию в монокулярных условиях дополнительной маркировочной полоски на фиксируемом кружке. Из них у 6 детей сохранялась устойчивая и у 4 детей - неустойчивая АКС при исследовании на синоптофоре.

В связи с тем, что предъявление двойных изображений в условиях свободной гаглоскопии на бинариметре могло вызывать явления ПМФ, во избежание закрепления аномальной ретино-кортикальной связи, мы не проводили детям этой группы функциональное лечение на бинариметре.

Для развития стереозрения на следующем этапе функционального лечения у 38 детей без устойчивой АКС использовали разработанную нами компьютерную программу «Бабочка» по той же схеме, что и в других группах детей с содружественным косоглазием.

В результате проведенного курса зрительных тренировок количество детей с наличием стереозрения по Fly-тесту увеличилось после курса лечения с 13 (34,2% из 38 детей, прошедших данный курс зрительных тренировок) до 35 (92,1%) детей. Кроме того, у 15 (39,5%) из 38 детей, появилась способность к стереозрению по Lang-тесту. Кроме того, в результате занятий с компьютерной программой наблюдали достоверное повышение остроты зрения – с $0,95 \pm 0,02$

до $1,0 \pm 0,01$ ($z=3,56$ df 43, $p<0,001$ по критерию Вилкоксона) для ЛВГ и с $0,85 \pm 0,03$ до $0,94 \pm 0,01$ ($z=4,34$ df 43, $p<0,001$ по критерию Вилкоксона) для ХВГ.

Таким образом, последовательное использование синоптофора и разработанной нами компьютерной программы в функциональном лечении детей с явлениями ПМФ позволяло устранить или ослабить патологическую ретино-кортикальную связь, повысить устойчивость бифовеального слияния, развить фузионные резервы, способствовать появлению и улучшению качества стереозрения.

3.2.4 Сравнение результатов лечения детей с косоглазием контрольной группы и детей исследуемых 1-3 групп

Клинические характеристики детей контрольной группы представлены в таблице (табл. 78).

Таблица 78 – Клинические характеристики детей контрольной группы с косоглазием

Клиническая характеристика		контрольная группа детей с косоглазием (n=64)	
		Абс. число детей	%
Количество мальчиков / девочек		27 / 37	42,2 / 57,8
Сходящееся косоглазие		42	65,6
Расходящееся косоглазие		22	34,3
Монолатеральное косоглазие		38	59,4
Альтернирующее косоглазие		26	40,6
Рефракция	гиперметропическая	45	70,3
	Миопическая	17	26,6
	смешанный астигматизм	1	1,6
	Эмметропическая	1	1,6
Количество детей с неоперированным косоглазием		15	23,4
Количество детей с оперированным косоглазием	в возрасте 4-5 лет	10	15,6
	в возрасте 6-7 лет	27	42,2
	в возрасте 8-10 лет	8	12,5
	в возрасте 11-14 лет	4	6,2

Ортотропия, достигнутая в результате хирургического лечения или оптимальной оптической коррекции	18	28,1
Количество детей с величиной экзотропии до 5°	14	21,9
Количество детей с величиной экзотропии от 6° до 10°	12	18,7
Количество детей с величиной эзотропии до 5°	15	23,4
Количество детей с величиной эзотропии от 6° до 10°	5	7,9
Количество детей с наличием бифовеального слияния	26	40,6
Количество детей с бинокулярным характером зрения	18	28,1
Количество детей со стереозрением по Fly-test	24	37,5
Количество детей со стереозрением по Lang-test	0	0

Всем детям с содружественным косоглазием контрольной группы проводили стандартное функциональное лечение на синоптофоре (10 занятий), затем на аппаратно-программном комплексе ЖКОК «Капбис» (10 занятий) в соответствии с Федеральными методическими рекомендациями «Диагностика и лечение содружественного косоглазия» [122].

Результаты функционального лечения детей данной группы с использованием классической методики представлены на диаграммах (рис. 55-58).

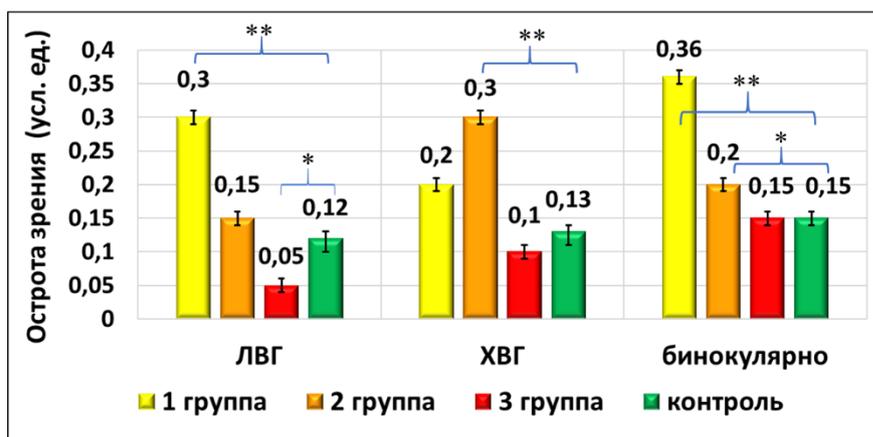
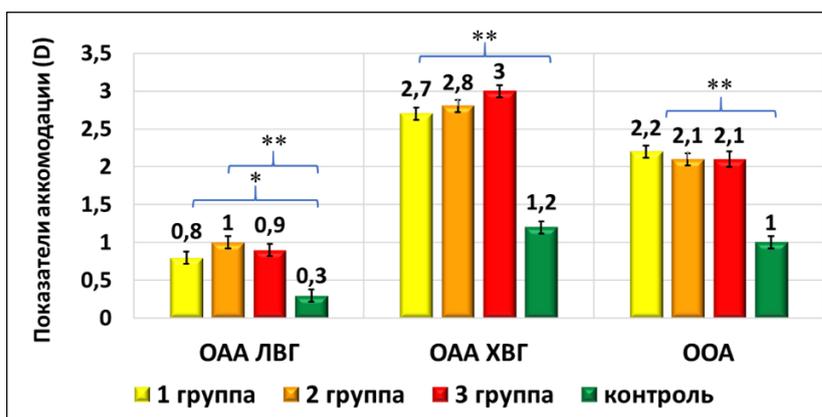


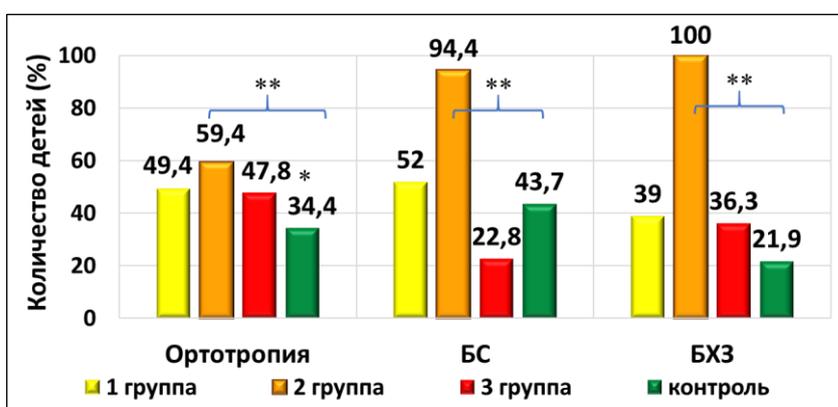
Рисунок 55 - Средние значения повышения остроты зрения в результате лечения детей с содружественным косоглазием

Примечания: ЛВГ –лучшевидящий глаз, ХВГ – хужевидящий глаз, ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$



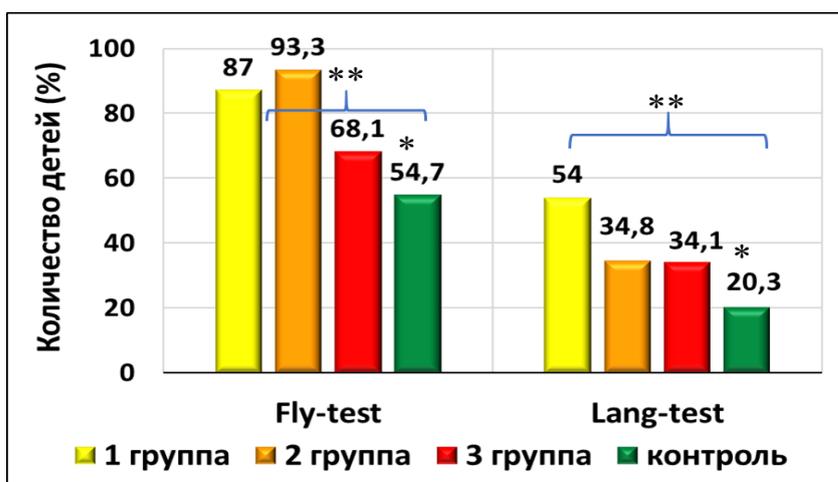
Примечания: ОАА ЛВГ – объем абсолютной аккомодации лучшевидящего глаза, ОАА ХВГ – объем абсолютной аккомодации хужевидящего глаза, ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$

Рисунок 56 - Средние значения увеличения объемов абсолютной и относительной аккомодации в результате функционального лечения



Примечания: БС – бифовеальное слияние, БХЗ – бинокулярный характер зрения, ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$

Рисунок 57 – Увеличение количества детей с ортотропией, бифовеальным слиянием и бинокулярным характером зрения в результате функционального лечения



Примечания: БС – бифовеальное слияние, БХЗ – бинокулярный характер зрения, ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$

Рисунок 58 – Увеличение количества детей с наличием стереозрения в результате лечения

Результаты сравнительного анализа демонстрируют более значительное повышение остроты зрения у детей 1 группы с косоглазием по сравнению с детьми контрольной группы. Более выраженное увеличение объемов относительной и абсолютной аккомодации наблюдалось во всех исследуемых группах детей с косоглазием по сравнению с детьми контроля. Количество детей с достигнутой ортотропией во всех исследуемых группах было достоверно больше, чем в контрольной. Увеличение количества детей с бифовеальным слиянием и бинокулярным характером зрения было более значительным в 1 группе по сравнению с контрольной.

3.2.5 Результаты лечения детей с рефракционной амблиопией с использованием разработанной программы «Бабочка»

Под наблюдением находилось 105 детей школьного возраста с рефракционной амблиопией. Клинические характеристики данной группы представлены в таблице (табл. 79).

Таблица 79 – Клинические характеристики детей с рефракционной амблиопией, занимающихся с разработанными компьютерными программами

Клинические характеристики		Исследуемая группа детей с рефракционной амблиопией (n=105)
Возраст, М±m (годы)		11,45±0,3
Количество в группе мальчиков / девочек (%)		52 / 53 (49,5/50,5%)
Корригированная острота зрения ЛВГ, М±m, (усл. ед.)		0,76±0,01
Корригированная острота зрения ХВГ, М±m, (усл. ед.)		0,68±0,02
	Гиперметропическая	31 (29,5%)
	Миопическая	62 (59%)
	Смешанный астигматизм	12 (11,5%)
Наличие стереозрения по Fly-тесту, абсолютное число детей (%)		78 (81,9%)
Наличие стереозрения по Lang-тесту, абсолютное число детей (%)		0

Все дети данной группы имели нормальную корреспонденцию сетчаток при исследовании на синоптофоре и бинокулярный характер зрения при исследовании с модифицированным тестом Баголини и цветотестом. Между тем способность к стереовосприятию и средние значения фузионных резервов были снижены у детей данной группы.

С целью улучшения фузионной способности и стереозрения всем детям проводили курс зрительных тренировок с использованием разработанных компьютерных программ. Курс зрительных тренировок включал 15 занятий по 20 минут в день и проводился по той же схеме, что и при лечении детей с косоглазием.

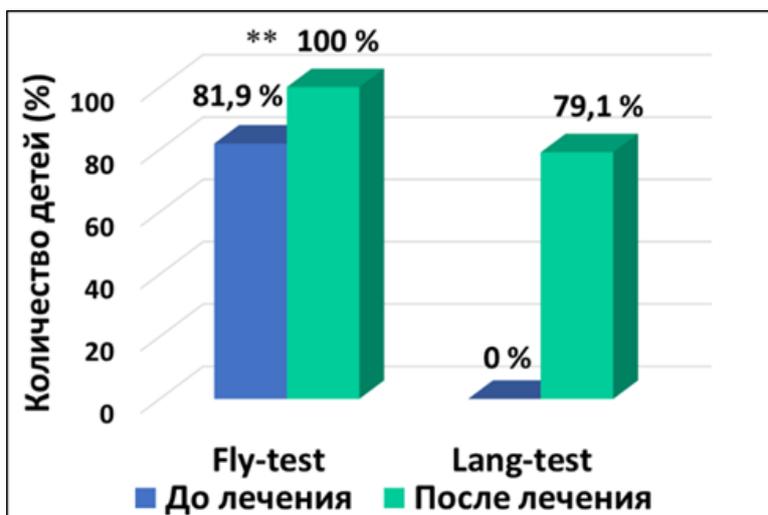
В результате курса лечения с рефракционной амблиопии при помощи разработанной компьютерной технологии наблюдали достоверное повышение монокулярной и бинокулярной остроты зрения, увеличение положительных и отрицательных фузионных резервов (табл. 80).

Таблица 80 – Динамика корригированной остроты зрения и фузионных резервов у детей с рефракционной амблиопией в результате зрительных тренировок с разработанными компьютерными программами

Клинические характеристики	Дети с рефракционной амблиопией (n=105)		
	До лечения	После лечения	p
ОЗ ЛВГ, М±m, (усл. ед.)	0,76±0,01	0,96±0,01	t=27,2 df 104, p<0,001
ОЗ ХВГ, М±m, (усл. ед.)	0,68±0,02	0,9±0,01	t=31,4 df 104, p<0,001
ОЗ бинокулярная, М±m, (усл. ед.)	0,77±0,01	0,97±0,01	t=20,7 df 104, p<0,001
Положительные ФР, М±m, (градусы)	7,7±0,1	12,6±0,2	t=26,3 df 104, p<0,001
Отрицательные ФР, М±m, (градусы)	4,2±0,08	5,3±0,08	t=9,6 df 104, p<0,001

Примечания: ОЗ – острота зрения ФР – фузионные резервы, t – критерий Стьюдента для связанных выборок, df - степени свободы, p – уровень статистической значимости

Наблюдали улучшение качества стереозрения при исследовании как с Fly-test, так и с Lang-test (рис. 59).



Примечание: ** $p < 0,001$

Таким образом, применение в функциональном лечении разработанных компьютерных программ, позволяет повысить монокулярную и бинокулярную остроту зрения, увеличить фузионные резервы и улучшить состояние стереозрения у детей с рефракционной амблиопией.

3.2.6 Сравнение результатов лечения рефракционной амблиопии у детей с использованием разработанной собственной программы и классических программ комплекса «EYE»

Контрольная группа включала 86 детей школьного возраста с рефракционной амблиопией, занимавшихся по с компьютерными программами комплекса «EYE» (разработанными фирмой «Астроинформ») по стандартной методике [17].

Клинические характеристики контрольной группы представлены в таблице (табл. 81).

Рисунок 59 – динамика количества детей со стереозрением в результате функционального лечения рефракционной амблиопии

Таблица 81 – Клинические характеристики детей контрольной группы с рефракционной амблиопией, занимающихся с программами «ЕУЕ»

Клинические характеристики		Исследуемая группа детей с рефракционной амблиопией (n=86)
Возраст, M±m (годы)		10,5±0,5
Количество в группе мальчиков / девочек (%)		45 /41 (52,3/47,7%)
Корригированная острота зрения ЛВГ, M±m, (усл. ед.)		0,75±0,01
Корригированная острота зрения ХВГ, M±m, (усл. ед.)		0,64±0,02
	Гиперметропическая	28 (32,5%)
	Миопическая	45 (52,4%)
	Смешанный астигматизм	13 (15,1%)
Наличие стереозрения по Fly-тесту, абсолютное число детей (%)		71 (82,5%)
Наличие стереозрения по Lang-тесту, абсолютное число детей (%)		0

Все дети данной группы также как и дети исследуемой группы имели нормальную корреспонденцию сетчаток при исследовании на синоптофоре и бинокулярный характер зрения при исследовании с модифицированным тестом Баголини и цветотестом.

Результаты сравнительного анализа результатов лечения в исследуемой и контрольной группах с рефракционной амблиопией представлены на диаграммах (рис. 60-62).

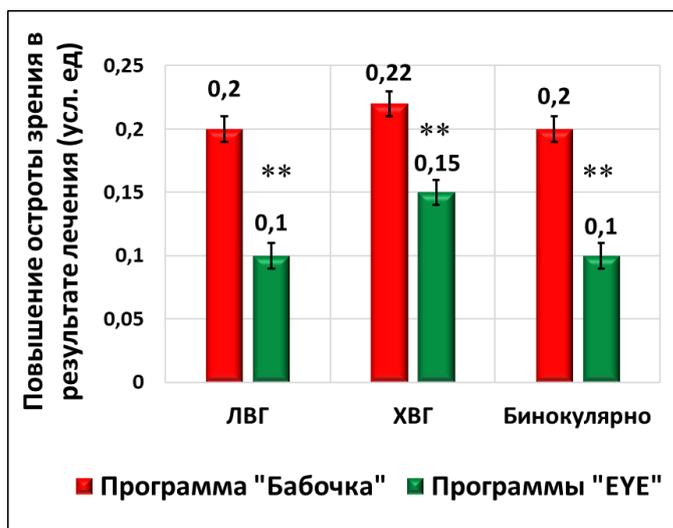
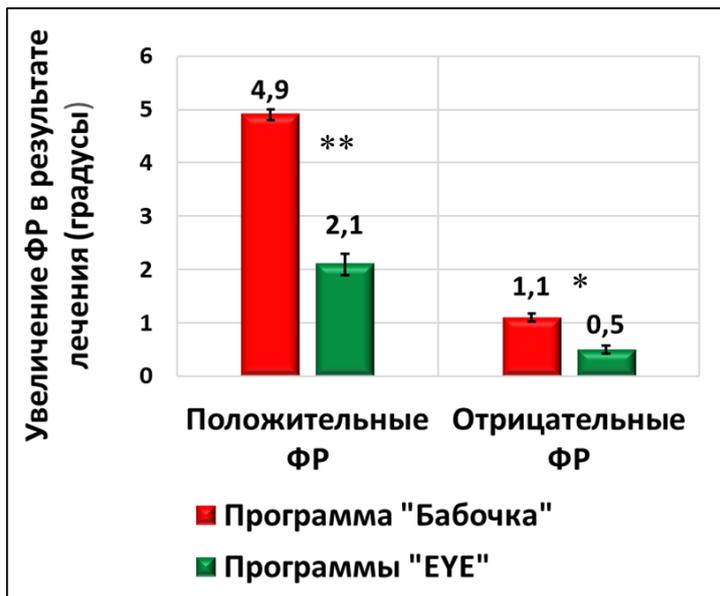


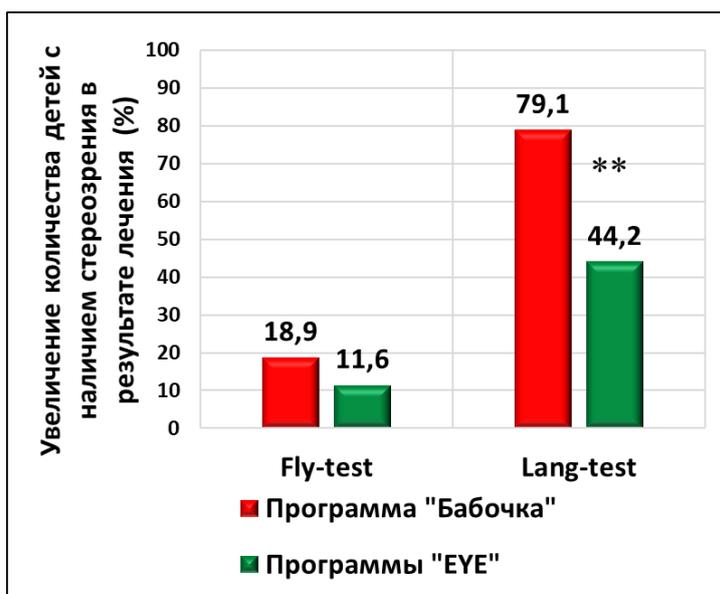
Рисунок 60 – Средние значения повышения остроты зрения в результате лечения детей с рефракционной амблиопией исследуемой и контрольной групп

Примечание: ** $p < 0,001$



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 61 – Увеличение фузионных резервов в результате лечения детей с рефракционной амблиопией исследуемой и контрольной групп



Примечание: ** $p < 0,001$

Рисунок 62 – Увеличение количества детей со стереозрением в результате лечения рефракционной амблиопии в исследуемой и контрольной группах

Результаты сравнительного анализа демонстрируют достоверно более значительное повышение остроты зрения, увеличение фузионных резервов и увеличение количества детей со стереозрением по Lang-test в исследуемой группе по сравнению с контрольной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование посвящено разработке оптимизированной системы экспертных критериев диагностики бинокулярного и стереозрения и созданию собственного алгоритма эффективной функциональной коррекции различных видов бинокулярных нарушений у детей школьного возраста. Фундаментальной основой для наших разработок были современные представления о принципах системной организации пространственного зрения.

На сегодняшний день установлено, нормальное функционирование бинокулярного зрения основано на принципе взаимодействия зрительного, моторного, проприоцептивного и аккомодационного компонентов. Результатом этого процесса являются фузия, бификсация, оценка относительной и абсолютной удаленности объекта, восприятие его величины и трехмерности, бинокулярная острота зрения и острота стереозрения [51, 91, 287].

Стереозрение является наиболее утонченной формой работы зрительного анализатора, позволяющей оценивать глубину и рельеф. При этом условиями для работы «качественного» стереозрения являются большая диспаратность и короткое время предъявления стимулов (меньше 0,5 с). Для «количественного» стереозрения требуется минимальная диспаратность и более значительная продолжительность предъявления стимулов. Глобальное стереозрение позволяет анализировать одновременно все свободное пространство без исследования особой формы, а локальное стереозрение необходимо для определения формы объекта, который может быть объемным [242, 203].

Кроме того, в системе бинокулярного и стереозрения в настоящее время предполагают наличие двух монокулярных (соответствующих правому и левому глазу) и трех бинокулярных подсистем обработки пространственной зрительной информации. При этом только одна из трех бинокулярных подсистем является чисто бинокулярной (ЧБС) и реагирует на диспаратность сигналов, поступающих от обоих глаз. Монобинокулярная подсистема (МБС) срабатывает при поступлении сигналов как через оба глаза, так и через один. Постмонокулярная подсистема (ПМС) – формирует трехмерные образы на

основе синтеза деталей и признаков, которые выделяются обеими монокулярными подсистемами и обеспечивает бинокулярный синтез «конфликтующих изображений». В естественных условиях каждая из бинокулярных подсистем создает собственную версию рассматриваемой сцены и эти версии согласуются или конкурируют друг с другом. При рассматривании стереоизображений, обладающих определенными характеристиками, перцептивный результат зависит от кооперации или конкуренции бинокулярных подсистем. В случаях относительно простых стереоизображений (имеющих монокулярно узнаваемые детали, их дублирование в стереопарах, одинаковый знак контраста) в формировании зрительных образов могут принимать участие все бинокулярные подсистемы. При наблюдении случайно-точечных стереограмм объемный образ формируется только за счет работы ЧБС. Восприятие целостного образа при малой степени дублирования элементов в паре изображений возможно только благодаря МБС. Восприятие формы объекта и феномена блеска при разном знаке контраста деталей обеспечивается только ПМС [97].

Базируясь на современных достижениях в области исследования принципов структурно-функциональной организации пространственного зрения, мы создали свою многоуровневую систему диагностики бинокулярных нарушений у детей.

Поскольку наиболее выраженным проявлением нарушений бинокулярного зрения является косоглазие, нам представлялось необходимым прежде всего разработать высокочувствительные и специфичные инструменты для диагностики и мониторинга состояния моторного, сенсорного и аккомодационного компонентов бинокулярного зрения у детей с содружественным косоглазием.

Для исследования моторного компонента первостепенной задачей являлось уточнение методических приемов, позволяющих измерять величину тропии и общую величину отклонения глаза, включающую тропию и форию у

детей с косоглазием. Мы использовали два варианта измерения величины девиации на синоптофоре и два варианта cover-теста с призмами. Сравнение величины девиации, измеренной разными способами, позволило установить, что результаты измерения угла косоглазия на синоптофоре с использованием бинокулярных условий наблюдения и при помощи одностороннего cover-теста с призмами, сопоставимы и характеризуют величину только тропии без фории. Результаты измерения угла косоглазия на синоптофоре с использованием монокулярного альтернирования и при помощи альтернирующего cover-теста с призмами также сопоставимы и характеризуют общую величину отклонения глаза, включающую тропию и форию. Возможность дифференцированно подходить к измерению угла косоглазия имеет большое значение не только для более точного исследования каждого компонента девиации, но и для правильной интерпретации результатов, полученных при исследовании характера зрения и корреспонденции сетчаток, а также для правильного подбора призмной компенсации угла косоглазия при проведении функционального лечения.

Полученные данные мы использовали на следующем этапе исследований, для разработки **методов диагностики сенсорного компонента бинокулярного зрения.**

С целью наиболее эффективного исследования характера зрения в условиях анаглифного разделения полей зрения нами был разработан **модифицированный тест Баголини (ТБМ).** В отличие от четырехточечного цветотеста модифицированный тест Баголини позволяет дифференцировать устойчивое бифовеальное слияние и бифовеальное слияние, чередующееся с регионарной функциональной скотомой подавления (ФСР), а также дифференцировать устойчивое регионарное и тотальное торможение. Было показано, что данный метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью в выявлении нарушений бинокулярного зрения при исследовании под объективным углом косоглазия (в условиях призмной

компенсации девиации) и под субъективным углом косоглазия (без призмной компенсации девиации). Кроме того, разработанный метод предусматривает возможность осуществлять не только качественную оценку бинокулярного зрения (при предъявлении деталей тестового изображения в неальтернирующем режиме), но и количественную оценку функционального торможения (при использовании альтернирующего режима предъявления деталей изображения).

Для сравнения показателей корреспонденции сетчаток в разных условиях наблюдения мы использовали механический (синоптор), анаглифный (ТБМ) и растровый (классический тест Баголини) принцип разделения полей зрения. При этом было установлено, что результаты исследования корреспонденции сетчаток, полученные с обязательным учетом наличия или отсутствия компенсации угла косоглазия (исследование либо под объективным, либо под субъективным углом косоглазия) в большинстве случаев сопоставимы. Наблюдаемые в остальных случаях небольшие различия могут отражать влияние условий разделения полей зрения, а также взаимоотношения разных подсистем анализа зрительной информации.

Поскольку основными нарушениями сенсорного компонента бинокулярного зрения, представляющими собой главные препятствия для восстановления и развития бинокулярного и стереозрения, являются ФСП и аномальная корреспонденция сетчаток (АКС), следующим этапом нашей работы было создание методов диагностики ФСП и АКС, позволяющих проводить более полное по сравнению с классическими методами исследование данных зрительных феноменов.

Для детального диагностического исследования ФСП была разработана **компьютерная программа «Скотомы»**. Анализ полученных результатов показал, что наличие бифовеального слияния не исключает значительных проявлений функционального торможения восприятия периферических тест-объектов у детей с содружественным косоглазием. Между тем, периферическое функциональное торможение является наиболее выраженным у детей,

имеющих ФСП в центральной зоне бинокулярного поля зрения. При этом исследование индивидуальных карт бинокулярного поля зрения у детей как со сходящимся, так и с расходящимся косоглазием демонстрирует большое разнообразие локализации, размера и формы зон периферического функционального торможения в бинокулярном поле зрения, чередующихся с зонами отсутствия торможения.

Полученные нами данные при исследовании ФСП согласуются с наблюдениями, описанными в работе J.R.Economides с соавторами [196]. В серии экспериментов, проведенных в группе пациентов с расходящимся косоглазием, авторы описывают зону относительного вертикального разграничения областей доминирования правого и левого глаза. У всех пациентов она была сдвинута в сторону косящего глаза примерно до середины расстояния между центральной меткой для фиксирующего глаза и зоной, соответствующей фовеальной проекции косящего глаза. При этом зона разграничения была довольно широкой и состояла из чередования разных по размеру и форме «островков» доминирования того и другого глаза. Размер, форма и локализация в пространстве таких островков не были стабильными и могли меняться в ходе исследования.

На трудности определения границ ФСП, связанные с нестабильностью и сложностью ее формы, указывают и другие авторы, анализируя попытки определить границы ФСП при помощи периметра и призм в условиях анаглифного разделения полей зрения [242].

Возможным объяснением данных наблюдений является разная степень глубины функционального торможения в разных зонах бинокулярного поля зрения. Согласно теории P. Chaumont наименее глубоким видом торможения является нейтрализация, которая может быть непостоянной при незначительных нарушениях бинокулярного зрения и близка по своим проявлениям и механизмам к бинокулярной конкуренции, наблюдающейся у здоровых испытуемых в условиях предъявления правому и левому глазу

разных изображений [181]. Зона нейтрализации окружает у пациентов с косоглазием зону более глубокого торможения – супрессии, проявляющейся «выпадением» участка поля зрения одного из глаз в условиях, когда оба глаза открыты. При этом наиболее стойкими являются ФСП в «нулевой точке» (скотома Хармса) и макулярная ФСП. Макулярная ФСП в свою очередь является основой для развития еще более глубокого торможения - эксклюзии и дисбинокулярной амблиопии.

Исходя из этого можно предположить, что каждый участок зоны функционального торможения имеет свои пространственно-временные характеристики, зависящие от глубины торможения и обладающие большой вариабельностью. Общей тенденцией является более глубокое торможение в зоне макулярной ФСП по сравнению с относительно периферическими зонами бинокулярного поля зрения. При этом постепенное уменьшение глубины торможения от центральной зоны к периферии может объяснить затруднения, возникающие при попытках определить размер и форму зоны ФСП.

Чтобы проверить данное предположение мы провели сравнение между количеством пропусков периферических тест-объектов (определяемым при помощи программы «Скотома») и минимальными длительностями монокулярных фаз необходимыми для устранения ФСП (определяемыми при помощи ТБМ в альтернирующем режиме). В результате исследования нами была выявлена сильная положительная корреляционная связь между этими двумя показателями, демонстрирующая связь глубины тормозного процесса в центральных отделах зрительного анализатора и общего размера ФСП.

Таким образом, разработанные нами методы диагностики функционального торможения позволяют выявить патологические изменения пространственно-временных характеристик зрительной информации, анализируемой на базовом уровне системы пространственного зрения.

В процессе исследования другого нарушения сенсорного компонента бинокулярного зрения – АКС, развивающейся в 4-5% случаев у детей с

содружественным косоглазием и также являющейся серьезным препятствием для восстановления и развития бинокулярных функций, нами была обнаружена удивительная способность к **парадоксальной монокулярной фузии (ПМФ)** у некоторых пациентов с непостоянным содружественным косоглазием (как сходящимся, так и расходящимся). Для более детального исследования этого малоизученного зрительного феномена мы оптимизировали методику исследований на бинариметре и использовали данный прибор по новому назначению – для диагностики ПМФ в сначала в монокулярных условиях наблюдения с предъявлением двойных изображений исследуемому глазу (второй глаз прикрыт непрозрачной заслонкой). Пациентам с наличием проявлений ПМФ в монокулярных условиях проводили затем дополнительно исследование восприятия двойных изображений в бинокулярных условиях.

При помощи разработанной методики было выявлено 44 (18,3%) пациента с явлениями ПМФ в общей группе пациентов с содружественным косоглазием. Среди них только у 11 пациентов (4,6% от общего количества обследованных) была выявлена устойчивая АКС при исследовании на синоптофоре, что соответствовало данным литературы [2, 54, 265, 183, 223]. Таким образом было установлено, что явления ПМФ при исследовании с двойными изображениями могут наблюдаться в четыре раза чаще, чем АКС, выявляемая на синоптофоре. Важным фактом для диагностики является также одновременное наличие неустойчивой АКС и нормальной корреспонденции сетчаток (НКС) при исследовании на синоптофоре («смешанная корреспонденция сетчаток») примерно у половины пациентов с ПМФ, выявленной на бинариметре.

Возможность диагностировать патологические нейронные связи при помощи разработанного нами метода имеет большое клиническое значение, так как, согласно современным представлениям, ведущую роль в развитии косоглазия имеют центральные причины: нарушения формирования ретинотопической структуры, развития ретино-кортикальных и кортико-

кортикальных связей, нарушения синхронизации активности нейронов, относящихся к разным отделам зрительного анализатора [310, 296, 259, 235, 306, 203].

В нашем исследовании клиническими признаками ПМФ были: восприятие эффекта блеска, дополнительных мнимых деталей или дополнительного мнимого зрительного образа при монокулярном наблюдении парных тестовых изображений. Характерными особенностями пациентов с ПМФ являлись непостоянный, но стабильный по величине угол косоглазия, тенденция к формированию аномальной корреспонденции сетчаток и асимметричного бинокулярного характера зрения. При этом эффекты ПМФ наблюдались у этих пациентов в условиях проецирования одного изображения на центральную зону сетчатки косящего глаза, а второго, парного ему изображения, на периферический участок сетчатки того же глаза, геометрически соответствующий углу косоглазия.

Выявленные нами характеристики проявлений ПМФ согласуются с некоторыми клиническими сообщениями. Например, в отдельных публикациях сообщают о пациентах с непостоянным косоглазием, использующих бифовеальное слияние при фиксации ближнего объекта и АКС при фиксации дальнего объекта, а также о пациентах, способных воспринимать феномен аналогичный бинокулярному соперничеству в виде мозаичного паттерна, наблюдая одним глазом тест-объекты из вертикальных и из горизонтальных полос [264, 313, 163, 293, 234]. Кроме того, имеются отдельные публикации о таком редком зрительном феномене как монокулярная диплопия на фоне косоглазия [234].

Мы предполагаем, что ПМФ возникает, когда зрительная информация от центральной и от периферической зон сетчатки одного глаза одновременно поступает в области мозга, отвечающие в норме за процессы бинокулярного зрения. Неадекватное использование бинокулярных механизмов пространственного восприятия при поступлении сигналов от разных участков

сетчатки одного глаза может, вероятно, объяснить появление у наших пациентов дополнительных мнимых элементов на двойных изображениях, предъявляемых в монокулярных условиях наблюдения.

Появление при монокулярном наблюдении тест-объектов косящим глазом феномена блестящей поверхности, характерного для бинокулярного и даже стереозрения, также указывает на формирование нейрональных механизмов, имеющих сходные принципы переработки зрительной информации, поступающей от одного или от двух глаз [151, 207, 261, 234].

Большое значение для фундаментальных и клинических исследований в области страбизмологии имеет обнаруженная нами способность некоторых пациентов с ПМФ воспринимать в монокулярных условиях три изображения – два реальных и один дополнительный мнимый интегрированный зрительный образ, содержащий элементы и правого и левого тест-объекта. При этом два исходных реальных изображения не теряли свою специфичность и локализацию. Нужно отметить, что у некоторых пациентов при интеграции в монокулярных условиях зрительных образов двух кружков с вертикальными маркировочными полосками разного цвета формировался образ, в котором каждая полоска сохраняла цвет исходного тест-объекта. У других пациентов наблюдались различные комбинации цветов вертикальных полосок. Так, например, верхняя зеленая полоска на реальном тест-объекте воспринималась на мнимом изображении красной, «подстраиваясь» под цвет нижней красной полоски другого тест-объекта. Данное явление может свидетельствовать о том, что этот процесс не является простой интеграцией деталей двух изображений. Фузионный процесс обеспечивается работой многих зрительных механизмов и такие характеристики как освещенность, цвет, контраст играют при этом не главную роль. Предполагают, что фузия обеспечивается прежде всего ахроматическими сигналами, а информация о цвете анализируется независимо и включается на следующем этапе обработки информации, что иногда приводит к ошибкам восприятия цвета деталей (*colour binding* – эффект). Такие

особенности восприятия цвета описаны для ситуации бинокулярного соперничества [178, 149, 225], борьбы краевых участков фузируемых изображений [165, 147] и для ситуации конфликта сигналов о движении и цвете [314]. В связи с этим, можно предположить, что и феномен ПМФ базируется прежде всего на анализе ахроматических сигналов, а уже на следующем этапе обработки информации цвет «присваивается» деталям интегрированного изображения, что может сопровождаться ошибками. Эти наблюдения также хорошо согласуются с теорией многоканальной системы передачи и обработки информации [64, 147].

Поскольку эффективность работы бинокулярного механизма зависит не только от состояния сенсорного компонента, но и от его взаимодействия с моторным, проприоцептивным и аккомодационным компонентами, следующей задачей нашего исследования явилась разработка качественных и количественных экспертных критериев **диагностики остроты зрения, оптимальной оптической коррекции и аккомодации под контролем бификсации на бинариметре** на разных расстояниях от глаз (0,5 м, 1 м и 5 м).

В результате проведенных нами исследований установлено, что у детей с содружественным косоглазием, в отличие от детей с аметропией без косоглазия и детей без офтальмопатологии, показатели оптимальной оптической коррекции зависят от: (1) условий исследования, (2) вида косоглазия, (3) вида рефракции. Эмпирическим путем было установлено, что у пациентов с содружественным косоглазием на фоне «соответствующей» рефракции (гиперметропической при сходящемся косоглазии и миопической – при расходящемся) наиболее благоприятные условия для формирования бинокулярного зрительного образа создаются в условиях гиперкоррекции, а у пациентов с содружественным косоглазием на фоне «несоответствующей» рефракции (миопической при сходящемся косоглазии и гиперметропической – при расходящемся) – в условиях гипокоррекции.

Полученные нами результаты согласуются с принципами аккомодационно-конвергентной синкинезии [7, 51, 36]. Наши результаты показали целесообразность использования гиперкоррекции для стимуляции работы бинокулярных механизмов на начальных этапах функционального лечения, не только при сходящемся косоглазии на фоне гиперметропии, но и при расходящемся косоглазии на фоне миопии. Данный вопрос до настоящего времени оставался малоизученным и рассматривался в единичных публикациях [176, 241, 95]. Учитывая необходимость персонифицированного подхода к выбору оптимальной оптической коррекции при проведении функционального лечения, мы провели корреляционный анализ показателей величины девиации и оптимальной силы корригирующих стекол. Была выявлена сильная положительная корреляционная связь между этими показателями как у детей со сходящимся косоглазием на фоне гиперметропии ($r=0,87$, $p<0,001$), так и с расходящимся косоглазием на фоне миопии ($r=0,88$, $p<0,001$).

При исследовании показателей аккомодации и остроты зрения под контролем бификсации выявлено их значительное снижение по сравнению с аналогичными показателями детей с аметропией и без косоглазия. Наряду с этим установлено, что для расстояния 1м от глаз монокулярные и бинокулярные показатели аккомодации и остроты зрения во всех группах детей были выше, чем для расстояний 0,5м и 5м от глаз ($p<0,001$). Полученные результаты согласуются с данными некоторых публикаций о наличии пика остроты зрения на расстоянии 1м от глаз. Предлагаемыми объяснениями этого феномена являются: благоприятное состояние тонической аккомодации и минимальные амплитуды микросаккад при фиксации объекта на этом расстоянии; специфика конвергенции, обусловленная несовпадением зрительных и оптических осей глаз; зависимость оптических aberrаций от состояния аккомодации [43, 170].

Для исследования наиболее высокого уровня работы бинокулярного механизма – стереозрения, нами была разработана **компьютерная технология**

исследования стереозрения, предусматривающая использование разных режимов предъявления стереостимулов с определенными характеристиками. Было установлено, что все дети с нормальным состоянием бинокулярных функций способны к стереовосприятию как со статичными, так и с альтернирующими стереоизображениями при минимальной длительности монокулярных фаз (20 мс). Поэтому у детей этой группы можно определить только **пороговые значения максимальных длительностей монокулярных фаз, «пустого» интервала и бинокулярной фазы при которых сохраняется способность к стереовосприятию**. Кроме того, в результате проведенных исследований у детей с нормальным бинокулярным зрением были выявлены общие закономерности восприятия объема при использовании разных режимов альтернирующего предъявления стимулов. К ним мы отнесли: 1) влияние особенностей стереостимулов на максимальные длительности монокулярных фаз, «пустого» интервала и бинокулярной фазы, при которых наблюдается стереоэффект; 2) постепенное сокращение максимальной длительности монокулярных фаз при смене режима простого альтернирования на режим с «пустым» интервалом; 3) существенное увеличение максимальных длительностей монокулярных фаз, при которых сохраняется стереоэффект режиме с наличием бинокулярной фазы между монокулярными; 4) нестабильный стереопсис, характеризующийся чередованием объемного (в бинокулярную фазу) и плоского (во периоды монокулярных фаз) изображения, появляющийся при значениях длительностей бинокулярной фазы 50-80 мс и более, при сочетании с длительностью монокулярных фаз свыше 500 мс; 5) исчезновение стереопсиса в условиях сочетания длительностей монокулярных фаз свыше 3,5 с и длительности бинокулярной фазы свыше 2,5с.

Выявленные закономерности для нормы стали базовыми, с которыми сравнивали показатели, полученные у детей с офтальмопатологией. В частности, было показано, что у детей с содружественным косоглазием без стойкого функционального торможения способность к стереовосприятию

сохраняется в пределах некоторого диапазона между максимальными и минимальными длительностями монокулярных фаз. Способность к стереовосприятию у большинства детей с содружественным косоглазием без стойкой ФСП наблюдается не только при использовании простого альтернирования, но и при использовании режима с «пустым» интервалом, а также режима с наличием бинокулярной фазы между монокулярными. Нужно отметить, что в режиме с наличием бинокулярной фазы доля детей, наблюдающих стереозэффект, становится меньше по мере увеличения ее длительности. Это может быть обусловлено тем, что функциональное торможение препятствует возникновению стереообраза при таких условиях наблюдения. Среди детей с устойчивой ФСП наибольшее количество детей, способных к стереовосприятию с линейными стереостимулами, выявлялось при использовании режима с наличием «пустого» интервала при его длительности 30-60 мс в сочетании с длительностью монокулярных фаз 30-60 мс. Можно предположить, что такие длительности являются оптимальными, чтобы с одной стороны препятствовать возникновению ФСП, а с другой стороны создавать условия для формирования бинокулярного зрительного образа.

При анализе влияния особенностей зрительных стимулов на возникновение стереозэффекта установлено, что у детей как контрольной группы, так и у детей с содружественным косоглазием наблюдаются сходные характеристики стереовосприятия при всех режимах альтернирования изображений. Обычно с линейными изображениями стереозэффект появляется более легко и сохраняется при более широком диапазоне длительностей монокулярных фаз, «пустого» интервала и бинокулярной фазы, чем со случайно-точечными стимулами ($p < 0,001$). Линейные фронтопараллельные стереостимулы воспринимаются лучше, чем с эффектом наклона или разворота ($p < 0,001$).

Различия в легкости формирования стереообраза со стимулами, обладающими разными характеристиками может объясняться различной

степенью участия бинокулярных подсистем. В восприятии более простых стереостимулов с линейными элементами могут принимать согласованное участие все три бинокулярные подсистемы, а восприятие случайно-точечных стереограмм обеспечивается работой только ЧБС. Вероятно отсутствие стереоэффекта со случайно-точечными стереограммами во всех режимах предъявления стимулов у детей со стойкой ФСП может свидетельствовать о полном отсутствии у них участия ЧБС в системе пространственного зрения.

Необходимо учитывать также возможное влияние разных путей передачи зрительной информации: парвоцеллюлярного для передачи информации о случайно-точечных стимулах и магноцеллюлярного – о более простых линейных изображениях. У детей с нарушениями стереозрения может наблюдаться поражение парвоцеллюлярного пути при сохранности магноцеллюлярного [216, 263, 203].

Полученные нами результаты согласуются также с результатами исследований, посвященных роли кратковременной (рабочей) памяти в процессе пространственного зрения и обеспечении стабильности стереовосприятия [339, 340, 272]. Существует предположение, что получаемая при участии движений глаз зрительная информация от различных зон поля зрения удерживается кратковременной памятью, включаясь в общее восприятие сцены. При этом созданный зрительный образ является намного более устойчивым, чем первичные зрительные впечатления, из которых он был построен. В условиях альтернирующего предъявления стимулов мозг некоторое время удерживает зрительную информацию, полученную от одного глаза. Качество удерживаемой зрительной информации прогрессивно ухудшается, но при стимуляции второго глаза, происходит сравнение и интеграция новой зрительной информации с со следами прежней [275, 232, 337, 272]. Вероятно явление более легкого возникновения и лучшего сохранения стереоэффекта со стимулами, вызывающими зрительный эффект наклона вертикальных полосок по сравнению со стимулами, вызывающими зрительный эффект разворота

горизонтальных полосок ($p < 0,001$) связано особенностями стереоскопической памяти. Возможно, она лучше сохраняет информацию об ориентационной диспаратности, чем о различии в длине деталей изображений [267, 202]. Менее длительные монокулярные фазы для случайно-точечных стереостимулов по сравнению монокулярными фазами для линейных стереостимулов возможно обусловлены трудностями сохранения зрительной информации о случайно-точечных изображениях кратковременной памятью и, следовательно, необходимостью более частого обновления такой информации.

Участие зрительной памяти в формировании стереобразов при использовании разработанных компьютерных технологий указывает на то, что этот процесс затрагивает не только базовый, но и ассоциативный уровень системы пространственного зрения.

К базовому уровню пространственного зрения наряду с бинокулярным традиционно относят и монокулярный механизм. При этом **стереокинетический эффект (СЭ)**, основанный на работе прежде всего монокулярного механизма, является также показателем, характеризующим векторные отношения монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения [73, 109, 110].

Для исследования векторных отношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения у детей с функциональной и органической офтальмопатологией, проводили сравнение выраженности СЭ в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения. Для этого оценивали величину виртуального конуса, воспринимаемого при наблюдении подвижного кольцевого изображения лучшевидящим глазом, хужевидящим глазом и бинокулярно. В результате исследования было установлено, что у детей с нарушениями бинокулярного зрения бинокулярные показатели обычно соответствуют показателям лучше видящего глаза, в отличие от детей контрольной группы, у которых бинокулярные оценки значительно ниже монокулярных. Полученные нами данные могут характеризовать преобладание

монокулярного механизма пространственного зрения у детей с содружественным косоглазием и у детей с ЧАЗН. При этом монокулярные оценки величины виртуального конуса у детей с ЧАЗН существенно ниже, чем у детей с содружественным косоглазием ($p < 0,001$), что может быть обусловлено влиянием на выраженность СЭ не только состояния бинокулярных зрительных функций, но и органической патологии сетчатки и зрительного нерва.

Наряду с оценкой выраженности СЭ по высоте виртуального конуса, определяли частоту смены восприятия виртуального конуса и виртуальной воронки, а также длительность доминирования восприятия той или другой виртуальной фигуры. Установлено, что наименьшее количество детей с чередованием виртуальных фигур наблюдается в группе детей с ЧАЗН. При этом среднее значение длительности доминирования виртуального конуса у детей с ЧАЗН достоверно больше, чем у детей с косоглазием и детей контрольной группы ($p < 0,001$).

Полагаем, что смена восприятий виртуального конуса и виртуальной воронки при наблюдении стимула, вызывающего СЭ отражает общие процессы интерпретации неоднозначной зрительной информации, изученные на примере восприятия изображений неоднозначных фигур [22, 168, 169, 248, 224, 233, 326, 280]. В связи с этим проявления СЭ, относимые ранее только к базовому уровню пространственного зрения, могут, вероятно, объясняться участием еще и функциональных структур ассоциативного уровня.

Неоднозначность информации о глубине в двумерных изображениях является причиной многих оптико-геометрических иллюзий, иллюзий яркости и светлоты [70, 102, 206, 189]. Для исследования возможностей детей с нарушениями бинокулярных зрительных функций адекватно воспринимать зрительную информацию в условиях, создаваемых современными видеосистемами, широко используемыми в повседневной жизни и образовательном процессе, нами были оптимизированы существующие и

разработаны собственные способы количественной оценки иллюзий «мерцающей решетки», Мюллера-Лайера, Поггендорффа, вращения неоднозначных фигур.

Количественная оценка зрительных иллюзий позволила получить объективные результаты, характеризующие степень их выраженности у детей в норме и при различной офтальмопатологии. Было установлено, что у детей с ЧАЗН характерными особенностями являются: сдвиг максимальных значений силы иллюзии «мерцающей решетки» в сторону тестовых изображений с дисками большей величины, меньшее количество изменений направления вращения неоднозначных фигур и более высокие значения диапазона существования иллюзии Поггендорффа по сравнению с аналогичными показателями у детей с содружественным косоглазием и детей контроля ($p < 0,001$). У детей с амблиопией при исследовании иллюзии «мерцающей решетки» отмечались более низкие максимальные значения силы иллюзии по сравнению с контролем ($p < 0,001$).

Исследование иллюзии вращения неоднозначных фигур показало, что средние значения количества изменений направления вращения у детей с ЧАЗН были существенно ниже, чем у детей с косоглазием и детей без офтальмопатологии ($p < 0,001$). Похожая картина наблюдалась и при исследовании СЭ в тех же группах детей, что отражает общность процессов интерпретации неоднозначной зрительной информации при наблюдении стимулов, вызывающих иллюзию вращения неоднозначных фигур и стимулов, вызывающих СЭ.

Разработанный нами алгоритм диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения представлен на рисунке (рис. 63).

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ БИНОКУЛЯРНОГО И СТЕРЕОЗРЕНИЯ



Рисунок 63 - Алгоритм диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения

Разработанная нами система диагностики с предложенными экспертными критериями нарушений бинокулярного и стереозрения позволила выйти на алгоритмы функционального лечения детей с содружественным косоглазием в зависимости от вида и характера бинокулярных нарушений, уточнения причин, стоящих на пути к восстановлению стереовосприятия.

В функциональной коррекции бинокулярных зрительных функций у **детей с содружественным косоглазием без явлений функционального торможения** последовательно использовали занятия на бинариметре, а затем тренировки с разработанными нами компьютерными программами, разработанными нами компьютерными программами с индивидуальным подбором режимов предъявления стереостимулов.

В результате занятий на бинариметре, направленных на развитие нормальных взаимоотношений между зрительными, моторными и проприоцептивными компонентами бинокулярного зрения в условиях свободного пространства, наблюдали уменьшение величины девиации, значительное улучшение показателей бинокулярного зрения, аккомодации и остроты зрения, а у части пациентов – появление стереозрения.

Между тем, несмотря на достигнутые успехи, количество детей с отсутствием стереозрения после лечения составляло в данной группе 31,2% при исследовании по Fly-тесту и 88,3% при исследовании по Lang-тесту. Это указывало на необходимость дополнительного воздействия на системы и структуры, участвующие в формировании стереозрения.

Для этого использовали разработанные нами компьютерные программы с разными режимами предъявления стереостимулов позволяющие постепенно переходить от воздействия преимущественно на монокулярный механизм пространственного восприятия (в режиме с наличием «пустого» интервала и в режиме простого альтернирования) к активизации бинокулярного механизма (при использовании режима с бинокулярной фазой, а затем режима с

неальтернирующим предъявлением стереостимулов) и развитию стереовосприятия со стимулами разных уровней сложности.

В результате данного этапа занятий наблюдалось дальнейшее улучшение состояния бинокулярных зрительных функций и повышение остроты зрения. Количество детей с отсутствием стереозрения по Fly-тесту сократилось до 13%, а по Lang-тесту до 45,5%. Полученные результаты свидетельствуют об эффективном воздействии занятий с разработанными компьютерными программами на состояние всех подсистем бинокулярного зрения (в том числе ЧБС) и способствовали появлению и развитию не только качественного, глобального стереозрения, обеспечиваемого функционированием магноцеллюлярного канала, но и его более высокого уровня – количественного, локального стереозрения, зависящего от состояния парвоцеллюлярного канала.

Кроме того, в результате всего курса функционального лечения отмечалась нормализации векторных отношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия.

В функциональном лечении детей с **содружественным косоглазием с явлениями функционального торможения зрительной информации от косящего глаза** мы последовательно использовали три этапа: 1) занятия с жидкокристаллическими очками (ЖКО), 2) лечение на бинариметре, 3) занятия с разработанными нами компьютерными программами с индивидуальным подбором режимов предъявления стереостимулов.

Полученные результаты демонстрируют, что использование данного алгоритма в функциональном лечении детей с содружественным косоглазием способствует: устранению ФСП, развитию фузионного рефлекса, рефлекса бификсации и фузионных резервов, уменьшению или устранению девиации, повышению остроты зрения, улучшению состояния аккомодации и стереозрения, а также нормализации взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения.

Для детей с явлениями парадоксальной монокулярной фузии (ПМФ) алгоритм функционального лечения состоял из двух этапов – 1) ортоптическое лечение на синоптофоре, 2) занятия с разработанными нами компьютерными программами для развития стереозрения.

В результате лечения на синоптофоре, направленного на стимуляцию бифовеального слияния наблюдалось увеличение количества пациентов с бифовеальным слиянием, стабильной ортотропией, и бинокулярным характером зрения, что согласуется с данными исследований, посвященных ортоптическому лечению пациентов с различными формами нарушений корреспонденции сетчаток [46, 88]. Положительная динамика корреспонденции сетчаток сопровождалась уменьшением или полным исчезновением признаков ПМФ у большинства пациентов. Дальнейшие занятия с компьютерными программами пациентов с устойчивым бифовеальным слиянием, достигнутым в результате лечения на синоптофоре, способствовали у них развитию и улучшению состояния стереозрения.

В функциональном лечении детей с рефракционной амблиопией использовали только занятия с разработанными нами компьютерными программами с индивидуальным подбором режимов предъявления стереостимулов. В результате курса занятий наблюдали: увеличение количества детей с наличием стереозрения с 91,4% до 100% по Fly-тесту и с 69,52% до 92,4% по Lang-тесту; достоверное повышение монокулярной и бинокулярной остроты зрения; увеличение фузионных резервов.

Таким образом, в результате проведенного исследования, нами разработаны дифференциально-диагностические критерии различных видов нарушений бинокулярного и стереозрения, на основании которых создана собственная система функциональной коррекции бинокулярных нарушений, учитывающая персонифицированный подход к выбору алгоритма лечебных мероприятий (рис. 64).



Рисунок 64 – Алгоритмы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения

ВЫВОДЫ

1. Разработана эффективная комплексная система диагностики нарушений бинокулярного и стереозрения на разных уровнях пространственного восприятия, обеспечивающая персонафицированный подход к выбору оптимальной тактики функционального лечения выявленных нарушений.
2. Анализ моторного компонента бинокулярного зрения показал сопоставимость результатов измерения величины девиации на синоптофоре и при помощи призм, что указывает на возможность использования призматической коррекции для компенсации угла косоглазия при исследовании корреспонденции сетчаток и проведении зрительных упражнений.
3. Разработана и апробирована модификация теста Баголини для условий анаглифного разделения полей зрения с использованием качественных и количественных показателей, обладающая высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике сенсорного компонента бинокулярного зрения.
4. Сравнительный анализ результатов исследования корреспонденции сетчаток с учетом положения проекции изображения на сетчатках парных глаз в условиях механического, анаглифного и растрового разделения полей зрения показал сопоставимость результатов у 74,5% и 85,8% детей под объективным и субъективным углом косоглазия соответственно, что демонстрирует необходимость учета положения проекций изображения на сетчатках при диагностике нарушений бинокулярного зрения и проведении функционального лечения.
5. Создана и апробирована компьютерная программа «Скотома», являющаяся высокоэффективным способом качественной и количественной оценки функционального торможения зрительной информации в центральной и периферической зонах бинокулярного поля зрения, что необходимо для эффективной диагностики и мониторинга лечения нарушений бинокулярного зрения.
6. Разработан новый, высокоэффективный, бинариметрический метод диагностики парадоксальной монокулярной фузии, позволяющий выявлять патологические ретино-кортикальные связи у пациентов с содружественным косоглазием в четыре раза чаще, чем на синоптофоре (18,3% против 4,6%, $p < 0,001$) не только в бинокулярных, но и в монокулярных условиях наблюдения, что необходимо для правильного выбора тактики функционального лечения.

7. Изучены закономерности проявлений аккомодационно-конвергентной синкинезии при содружественном косоглазии и определены экспертные критерии индивидуального подбора оптимальной оптической коррекции при проведении зрительных упражнений в условиях бификсации.
8. Наибольшая выраженность зрительных иллюзий («Мерцающей решетки», Мюллера-Лайера, Поггендорффа, вращения неоднозначных фигур) наблюдается у детей с нарушениями бинокулярного зрения на фоне органической патологии сетчатки и зрительного нерва, что указывает на возможность их применения в дифференциальной диагностике органических и функциональных нарушений зрительного анализатора.
9. Разработаны оригинальные компьютерные технологии, позволяющие осуществлять детальную диагностику качества стереозрения и проводить функциональное лечение выявленных нарушений с использованием персонифицированного подхода к выбору параметров и режимов предъявления стереостимулов.
10. Созданы алгоритмы функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения у детей с содружественным косоглазием и рефракционной амблиопией, предусматривающие персонифицированный подход к выбору и последовательности применения лечебных мероприятий, включающих использование классических методов и разработанных компьютерных технологий.
11. Показана высокая эффективность разработанных алгоритмов функционального лечения нарушений бинокулярного и стереозрения, позволяющих увеличить количество детей с бифовеальным слиянием на 39-100% (в зависимости от вида нарушений корреспонденции сетчаток до лечения) и ортотропией на 40,4-59,4% (в зависимости от величины девиации до лечения); увеличить фузионные резервы положительные в среднем на $7,9 \pm 0,05$ градусов и отрицательные в среднем на $2,7 \pm 0,03$ градусов у всех детей с наличием бифовеального слияния; во всех случаях повысить остроту зрения и улучшить показатели аккомодации; увеличить количество детей с наличием стереозрения не только по Fly-test, но и по более сложному Lang-test на 54-79,1% (в зависимости от показателей стереозрения до лечения); нормализовать векторные отношения монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения в виде снижения бинокулярных показателей стереокинетического эффекта и повышения его монокулярных показателей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При измерении величины девиации у пациентов с содружественным косоглазием рекомендуется использовать методические приемы, позволяющие дифференцировать величину тропии от общей величины девиации, включающей тропию и форию.
2. Диагностическое исследование корреспонденции сетчаток следует проводить с обязательным учетом наличия или отсутствия компенсации угла косоглазия.
3. Для качественной и количественной оценки бинокулярного зрения в условиях анаглифного разделения полей зрения рекомендуется использовать модифицированный тест Баголини и компьютерную программу «Скотома».
4. Для выявления патологических ретино-кортикальных связей у пациентов с содружественным косоглазием целесообразно применять исследование на бинариметре с использованием двойных изображений в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения.
5. На начальных этапах зрительных тренировок для успешного формирования бинокулярного зрительного образа у детей с содружественным косоглазием необходимо учитывать закономерности аккомодационно-конвергентной синкинезии.
6. В процессе зрительных тренировок с компьютерными программами рекомендуется последовательно использовать режим с «пустым» интервалом между монокулярными фазами, затем режим простого альтернирования и затем режим с наличием бинокулярной фазы между монокулярными.
7. В функциональном лечении содружественного косоглазия рекомендуется использовать алгоритм лечебных мероприятий, соответствующий характеру и степени выявленных нарушений бинокулярного и стереозрения.
8. Функциональное лечение с рефракционной амблиопии целесообразно использовать компьютерные технологии с альтернирующим предъявлением стереостимулов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов, Э.С. Диплоптика - принципиально новая система лечения содружественного косоглазия / Э.С. Аветисов // Вестник офтальмологии. - 1977 (а). - № 6. - С. 17-24.
2. Аветисов, Э.С. Содружественное косоглазие / Э.С. Аветисов. – М.: Медицина, 1977 (б). – 312 с.
3. Аветисов, Э.С. Упражнения по восстановлению механизма бификсации в диплоптическом лечении содружественного косоглазия / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. - 1979. - № 4. - С. 33-35.
4. Аветисов, Э.С. Особенности аномального бинокулярного зрения при косоглазии / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. Международный симпозиум: Сб. науч. работ. - М., 1980. - С. 9-14.
5. Аветисов, Э.С. Метод восстановления бинокулярного зрения цветными светофильтрами / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко, М.М. Тарасцова // Вестник офтальмологии. - 1984. - № 5. - С. 46-49.
6. Аветисов, Э.С. Результаты и особенности лечения содружественного косоглазия у больных раннего возраста / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко, М.М. Тарасцова // Офтальмологический журнал. - 1987. - № 6. - С. 325-329.
7. Аветисов, Э.С. Бинокулярное зрение. Клинические методы исследования и восстановления / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Клиническая физиология зрения: Сборник трудов МНИИГБ им. Гельмгольца. - М., 1993. - С. 199-209.
8. Аветисов, Э.С. Новый способ цветового разделения полей зрения в диплоптическом лечении косоглазия / Э.С. Аветисов, А.Е. Вакурина, Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. - 1998. - № 1. - С. 34-36.
9. Азнаурян, И.Э. Система восстановления зрительных функций при рефракционной и дисбинокулярной амблиопии у детей и подростков: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.00.51 / И.Э. Азнаурян. – М., 2009. - 48 с.
10. Азнаурян, И.Э. Новый метод восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения полей взора (предварительное сообщение) / И.Э.

- Азнаурян, А.А. Шпак, В.О. Баласанян, С.Г. Агагулян // Российская детская офтальмология. - 2018. – №1. – С. 20-24.
11. Азнаурян, И.Э. Диагностика и лечение содружественного сходящегося косоглазия: руководство для врачей-офтальмологов / И.Э. Азнаурян, В.О. Баласанян, Е.Ю. Маркова, Н.А. Попова, Е.И. Сидоренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020 (а). – 64 с.
 12. Азнаурян, И.Э. Сравнение эффективности восстановления сенсорной фоузии при лечении на синоптофоре и жидкокристаллическими очками детей с оперированным содружественным косоглазием // Офтальмохирургия. – 2020 (б). - №1. - С. 57-61.
 13. Аклаева, Н.А. Бинокулярная диплопия: диагностика и лечение / Н.А. Аклаева // Российская педиатрическая офтальмология. - 2016. – №2. – С. 93-98.
 14. Баголини, Б. Некоторые аспекты анормального бинокулярного зрения при эзотропии с малым углом / Б. Баголини // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С.20-29.
 15. Базиян, Б.Х. Центральные-периферические механизмы зрительного подавления при движении глаз у животных и человека: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Б.Х. Базиян. – М., 1993. – 48 с.
 16. Бачалдина, Л.Н. Механизмы нарушения бинокулярного синтеза при амблиопии у детей: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16/ Л.Н. Бачалдина. – Иркутск, 1999. – 24 с.
 17. Белозёров, А.Е. Разработка и внедрение компьютерных функциональных методов в офтальмологии: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.01.09 / А.Е. Белозёров. – М., - 2003. – 41 с.
 18. Белостоцкий, Е.М. Некоторые вопросы современного лечения содружественного косоглазия / Е.М. Белостоцкий // Вестник офтальмологии, 1956. - № 3. - С. 30-32.
 19. Белостоцкий, Е.М. Диагностика и лечение содружественного косоглазия

- на современном этапе знаний / Е.М. Белостоцкий. - М.: Медицина, 1960. – 254 с.
20. Белостоцкий, Е.М. Цветовой прибор для исследования бинокулярного зрения / Е.М. Белостоцкий, С.Я. Фридман //Сб. науч. трудов НИИГБ им. Гельмгольца. - М., 1962. - №7. -С. 227-231.
21. Белькова, А.Г. Использование светофильтров в исследовании и восстановлении бинокулярных функций: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / А.Г. Белькова. – М., 1991. – 169 с.
22. Берлов, Д.Н. Бинокулярная конкуренция и функциональная межполушарная асимметрия: от асимметрии к взаимодействию полушарий: обзор состояния проблемы / Д.Н. Берлов, И.Е. Кануников, Л.П. Павлова // Функциональная межполушарная асимметрия: Сб. науч. трудов. - М, 2004. - С. 258-286.
23. Вакурина, А.Е. Лечение амблиопии и косоглазия у детей динамическими цветовыми стимулами, возникающими при интерференции поляризованного света: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / А.Е. Вакурина. – М., 1996. – 26 с.
24. Васильева, Н.Н. Особенности бинокулярного зрения детей в разном возрасте и необходимость их учета при создании детских стереофильмов / Н.Н. Васильева, Г.И. Рожкова//Мир техники и кино. – 2010. - №16. – С. 19-24.
25. Васильева, Н.Н. Особенности взаимодействия монокулярных и бинокулярных механизмов пространственного восприятия у слабовидящих детей / Н.Н. Васильева // Вестник офтальмологии. – 2011. - №1. – С. 19-21.
26. Васильева, Н.Н. Формирование механизмов пространственного зрительного восприятия в онтогенезе: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.03.01 / Н.Н. Васильева. – Чебоксары, 2012. – 39 с.
27. Вешнева, И.В. Трансформация образования: тенденции, перспективы / И.В. Вешнева, Р.А. Сингалин // Высшее образование в России. – 2016. - №2. – С. 142-147.

28. Водовозов, А.М. Влияние перегрузки аккомодации на равновесие наружных мышц глаза / А.М. Водовозов, Н.М. Глотова, А.М. Варнавицкий // Офтальмологический журнал. - 1980. - №6. – С. 347-349.
29. Грабовска, И.В. Влияние ортоптических упражнений на результаты комплексного лечения содружественного косоглазия: автореф. дисс. ... канд. мед. наук / И.В. Грабовска. – М., 1975. – 177 с.
30. Грачева, М.А. Стереострота зрения: основные понятия, методы измерения, возрастная динамика / М.А. Грачева, Г.И. Рожкова // Сенсорные системы. - 2012. - № 4. - С. 259-279.
31. Грачева, М.А. Применение современных 3D технологий для оценки стереозрения и его коррекции: дисс. ... канд. биол. наук: 03.01.09 / М.А. Грачева. – М., 2017. – 157 с.
32. Грегори, Р.Л. Разумный глаз / Р.Л. Грегори // Пер. с англ. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2003. – 240 с.
33. Григорян, А.Ю. Применение жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций / А.Ю.Григорян, Э.С.Аветисов, Т.П.Кашенко, Е.И.Ячменева // Вестник офтальмологии. - 1999. – №1. – С. 27-29.
34. Гутник, И.Н. Механизмы нарушения пространственного зрения при проприоцептивном дефиците экстраокулярных мышц: автореф. дисс. ... докт. мед. наук: 14.00.16 / И.Н. Гутник. – Иркутск, 1994. – 41 с.
35. Даниличев, В.Ф. Бинокулярное зрение // Глазные болезни: Учебник; под общ. ред. В.Г. Копаевой. – М.: Медицина, 2002. - С.78-81.
36. Дашян, С.Б. Релаксационно-нагрузочный способ в диагностике и диплоптическом лечении содружественного: автореф. дисс. ... канд. мед. наук / С.Б.Дашян. М., 1990. – 20с.
37. Дитрих, И.И. Сравнительная оценка различных компонентов бинокулярного зрения и выбор наиболее информативных способов его исследования: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / И.И. Дитрих. - Л.,

1991. - 20 с.

38. Жаров, В.В. Методические рекомендации по компьютерной аккомодографии / В.В. Жаров, А.В. Егорова. – Уфа, 2007. – С. 1-8.
39. Зубков, С.М. Современные аспекты магнитотерапии / С.М.Зубкова // Физиотерапевт, 2005. – №1. – С.21-31.
40. Игнатъев, С.А. Бинокулярные функции при аметропиях / С.А.Игнатъев, С.Л. Шаповалов, Т.И. Милявская, Т.А. Корнюшина. - М.: МИК, 2014. - 176 с.
41. Каменских, Т.Г. Цветоритмотерапия в коррекции психосоматических и зрительных нарушений у больных с хронической офтальмопатологией / Т.Г. Каменских, О.В. Арутюнова, Ю.М. Райгородский // Вопросы курортологии, 2008. - №6. – С 29-32.
42. Кански, Д. Клиническая офтальмология: систематизированный подход / Д. Кански / пер. с англ.; 2-е изд.; под ред. В.П. Еричева. – М.: ООО «Логосфера», 2009. – 944 с.
43. Каспранский, Р.Р. Применение видеоокулографии для оценки комфортного расстояния до цели / Р.Р. Каспранский, Е.А. Муратова, А.Г. Якушев // Биомеханика глаза / под ред. Иомдиной Е.Н., Кшица И.Н. – М.: МНИИГБ им. Гельмгольца, 2005. – С. 166-168.
44. Катаргина, Л.А. Аккомодация. Руководство для врачей / Л.А. Катаргина. – М.: Изд-во Апрель. - 2012. -136 с.
45. Кащенко, Т.П. Нарушения и методы восстановления фузионной способности зрительного анализатора при содружественном косоглазии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / Т.П. Кащенко. - М., 1965. - 161 с.
46. Кащенко, Т.П. Бинокулярная зрительная система при содружественном косоглазии: автореф. дис. ... докт. мед. наук 14.01.07 / Т.П. Кащенко. - М., 1978. - 278 с.
47. Кащенко, Т.П. Принципы и методы исследования и восстановления бинокулярных функций в естественных и близких к ним условиях / Т.П.Кащенко // Охрана зрения детей и подростков: Сб. науч. трудов

- МНИИГБ им.Гельмгольца. - М., 1984. - С. 67-77.
48. Кащенко, Т.П. Исследование бинокулярного зрения методом бинариметрии / Т.П. Кащенко, В.В. Соловьева, И.Э. Рабичев //Вестник офтальмологии. - 1991. - №6. - С. 34-36.
49. Кащенко, Т.П. Методика лечения амблиопии и косоглазия с помощью компьютерной программы "Контур" / Т.П. Кащенко, С.Г. Матвеев, А.Е. Белозеров // Пособие для врачей. МЗ РФ и МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – М., 2000. – 23 с.
50. Кащенко, Т.П. Применение призматических линз в офтальмологии / Т.П. Кащенко, С.Г. Чернышева, Ю.З. Розенблюм, А.Е. Петренко // Вестник оптометрии. - 2005. - №31. – С. 22-25.
51. Кащенко, Т.П. Состояние аккомодационной способности, бинокулярных функций и их взаимодействие при содружественных формах косоглазия / Т.П. Кащенко, Т.А. Корнюшина, С.Л. Шаповалова, Н.М. Маглакелидзе // Российская педиатрическая офтальмология. - 2009. - №2. – С. 7-10.
52. Кащенко, Т.П. Применение лазерных спеклов в диплоптическом лечении содружественного косоглазия / Т.П. Кащенко, Т.А. Корнюшина, А.Р. Базарбаева // Офтальмохирургия. - 2014. - №4. – С. 90-94.
53. Кащенко, Т.П. Аппаратная симпатокоррекция в лечении нарушений аккомодации и миопии у детей / Т.П. Кащенко, Ю.М. Райгородский, Г.И. Уварова, Т.А. Корнюшина // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. - 2015. - №5. - С. 25-29.
54. Кащенко, Т.П. Функциональное лечение при косоглазии, амблиопии, нарушениях аккомодации. Методы и приборы / Т.П. Кащенко, Ю.М. Райгородский, Т.А. Корнюшина. – М.: ИИЦ СГМУ, 2016. – 163 с.
55. Кжысткова, К.А. Анормальная корреспонденция сетчаток при косоглазии / К.А. Кжыстова // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. - М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С. 42-48.
56. Корнюшина, Т.А. Роль аккомодации в возникновении астенопии / Т.А.

- Корнюшина // Биомеханика глаза. - М., 2007. - С. 9-13.
57. Корнюшина, Т.А. Аккомодативная астигматизация у школьников с аметропией слабой и средней степени / Т.А. Корнюшина, А.В. Ибрагимов, Т.П. Кащенко, М.Д. Магарамова // Российская педиатрическая офтальмология. - 2011. - №1. - С. 20-21.
58. Корнюшина, Т.А. Особенности изменения аккомодации у детей с различными видами рефракции под воздействием зрительных нагрузок/ Т.А. Корнюшина // Российская детская офтальмология. – 2014. - №2. – С. 26-33.
59. Котов, А.В. Гипотеза системной организации бинокулярного зрения / А.В. Котов, И.Э. Рабичев // Вестник Новгородского государственного университета. - 2018. - №5. – С. 10-13.
60. Кропман, И.Л. Физиология бинокулярного зрения и расстройства его при содружественном косоглазии / И.Л. Кропман. - Л.: Медицина, 1966. - 206с.
61. Курочкин, В.Н. Применение призм Френеля в комплексном лечении содружественного косоглазия / В.Н. Курочкин, Т.В. Терехова, Ю.Д. Глумскова, Ю.И. Трилюдина, О.А. Шелихова // Офтальмология. - 2018. – 15(2). – С. 98-105.
62. Ланг, И. Микротропия / И.Ланг // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. - М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С. 14-20.
63. Львов, В.А. Состояние аккомодации у школьников начальных и средних классов, имеющих нормальное зрение / В.А. Львов, В.А. Мачехин // Вестник ТГУ, 2016. – №4. – С. 1607-1612.
64. Любимов, Н.Н. Многоканальная организация афферентного проведения в анализаторных системах головного мозга: автореф. дис. ... докт. мед. наук / Н.Н. Любимов. – М., АМН СССР, 1969. – 51 с.
65. Маглакелидзе, Н.М. Амблиопия и бинокулярное зрение / Н.М. Маглакелидзе, М.В. Зуева // Российский офтальмологический журнал. – 2017. - №2. – С. 97-102.
66. Мазурина, О.В. Новый диагностический подход к раннему выявлению

- перинатальной атрофии зрительного нерва / О.В. Мазурина, В.В. Егоров, Г.П.Смолякова // Практическая медицина. - 2018. - №3. - Р. 118-123.
67. Маркова, Е.Ю. Современные тенденции лечения косоглазия у детей // Офтальмология. - 2016. - Т. 13, № 4. - С. 260-264.
68. Матросова, Ю.В. Применение полихроматической лазерной спектральной стимуляции в плеоптическом лечении амблиопии у детей / Ю.В. Матросова, О.Л. Фабрикантов, Ю.М. Райгородский // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. - 2014. - №3. - С. 32-34.
69. Медведев, Л.Н. Влияние предварительной установки на возникновение зрительной иллюзии Поггендорфа / Л.Н.Медведев, К.С.Кочнева // Сенсорные системы, 2014. - №2. - С. 33-38.
70. Меньшикова, Г.Я. Зрительные иллюзии: психологические механизмы и модели: автореф. дис. ... докт. психол. наук: 19.00.02 / Г.Я. Меньшикова. - М., 2014. - 46 с.
71. Митронина, М.Л. Комплексное лечение рефракционной амблиопии у детей с гиперметропией: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / М.Л.Митронина. - М., 1996. - 20 с.
72. Могилев, Л.Н. Бинариметр / Л.Н.Могилев // Свидетельство №596220, 1978.
73. Могилев, Л.Н. Механизмы пространственного зрения / Л.Н. Могилев. - Л.: Наука, 1982. - 111с.
74. Морозова, Т.А. 3D-технологии в офтальмохирургии: первый опыт / Т.А. Морозова, А.Е. Терентьева, Н.А. Поздеева // Практическая медицина. – 2018. – №5. – С. 144-150.
75. Нероев, В.В. Оценка бинокулярного зрения / В.В. Нероев, Т.П. Кащенко, Н.А. Аклаева // Офтальмология: национальное руководство; под ред. С.Э. Аветисова, Е.А. Егорова, Л.К. Мошетовой, В.В. Нероева, Х.П. Тахчиди. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. - С. 110-115.
76. Овечкис, Ю.Н. Методы и средства формирования объёмных

- изображений в обучающих системах: автореф. дис. ... докт. техн. Наук: 01.04.05 / Ю.Н. Овечкис. – М., 2006. – 45 с.
77. Огнивов, В.В. Средняя величина и вариабельность иллюзии Мюллера-Лайера в сравнении с глазомером у детей и взрослых / В.В. Огнивов, Г.И.Рожкова, В.С.Токарева, В.А.Бастаков // Сенсорные системы. - 2006. - № 4. – С. 288-299.
78. Огнивов, В.В. Геометрические зрительные иллюзии и константность восприятия размера у детей и взрослых: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 05.13.01 / В.В. Огнивов. - М., 2008. – 26 с.
79. Орлова, Т.В. Церебральный контроль лемнисковых и экстралемнисковых афферентных проекций кинестетического анализатора: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.13 / Т.В. Орлова. – М., 1987. – 48 с.
80. Паркс, М.М. Анормальная корреспонденция сетчаток при косоглазии / М.М.Паркс // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. - М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С. 49-52.
81. Пильман, Н.И. Исправление сходящегося косоглазия у детей при девиации до 10 градусов / Н.И. Пильман, Н.Ф. Пашенко, Е.Т. Романова, А.И. Стасюк // Офтальмол. журнал. - 1971, № 6. - С. 472-476.
82. Плосконос, Г.А. Функциональные подсистемы бинокулярного зрения и их взаимодействие у детей: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / Г.А.Плосконос. - М., 1989. – 36 с.
83. Подугольникова, Т.А. Влияние нарушений бинокулярного зрения на чтение у первоклассников с высокой остротой зрения / Т.А. Подугольникова // Физиология человека. - 2017. – №1. – С. 5-10.
84. Пономаренко, Г.Н. Транскраниальная магнитотерапия / Г.Н.Пономаренко, Н.В. Болотова, Ю.М. Райгородский. – С-Пб.: Человек, 2016. – 152 с.
85. Попелянский, Я.Ю. Глазодвижения и взор (паралич, акинез, насильственность) / Я.Ю. Попелянский. - М.: МЕДпресс-информ, 2004. - 180

- с.
86. Попова, Н.А. «Несодружественное» косоглазие. Предложения по клинической классификации / Н.А. Попова // Вестник офтальмологии. – 2006. - №5. – С. 42-44.
 87. Поспелов, В.И. Методические рекомендации по восстановлению бифовеального слияния у детей / В.И. Поспелов. – Красноярск, 1987. – 24 с.
 88. Поспелов, В.И. К теории и практике восстановления бифовеального слияния и бинокулярного зрения при косоглазии у детей: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.01.07 / В.И. Поспелов. - Красноярск, 1988. - 290 с.
 89. Проскурина, О.В. Тonus аккомодации у детей / О.В.Проскурина // Рефракционная хирургия и офтальмология, 2004. – №2. - С. 16-19.
 90. Рабичев, И.Э. Исследование и восстановление бинокулярных функций методом бинариметрии / И.Э. Рабичев, Т.П. Кащенко, И.Л. Рычков, В.В. Соловьева // Методические рекомендации. - М., 1992. - 20 с.
 91. Рабичев, И.Э. Системная организация и механизмы направленной коррекции бинокулярного зрения: автореф. дис. ... докт. биол. Наук: 03.00.13 / И.Э. Рабичев. - М, 1998. - 36 с.
 92. Рабичев, И.Э. Концепция сенсомоторной и мотивационной интеграции в механизмах бинокулярного зрения / И.Э. Рабичев, А.В. Котов // Наука и образование, 2012. - №2. - С. 97-102.
 93. Рабичев, И.Э. Зрительные иллюзии и виртуальные зрительные образы: сравнительные аспекты / И.Э. Рабичев, А.В. Котов // Теоретическая и экспериментальная психология, 2013. - №2. - С. 94-98.
 94. Рабичев, И.Э. Иллюзия «сцинтилляции»: вероятные механизмы ее формирования / И.Э. Рабичев, А.В. Котов, А.А. Амирханян // Теоретическая и экспериментальная психология. - 2018. - №1. – С. 28-34.
 95. Рабичев, И.Э. Мотивационный фактор в функциональном взаимодействии аккомодации и вергенции при лечении косоглазия /И.Э. Рабичев, А.В. Котов // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2019.-

- №9. – С.23-28.
96. Рожков, С.Н. Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь / С.Н. Рожков, Н.А. Овсянникова. М.: Парадиз, 2003. – 136 с.
97. Рожкова, Г.И. Множественность механизмов бинокулярного синтеза и их избирательные нарушения при косоглазии / Г.И. Рожкова, Г.А.Плосконос // Сенсорные системы. - 1988. - № 2. - С. 167-176.
98. Рожкова, Г.И. Бинокулярное зрение. Руководство по физиологии. Физиология зрения / Г.И.Рожкова. - М.: Наука, 1992. – С. 586-664.
99. Рожкова, Г.И. Компьютерное лечение косоглазия и амблиопии с применением случайно-точечных стереограмм / Г.И. Рожкова, Т.А. Подугольникова, И.А. Лешкевич, М.А. Корнюшин, В.Н. Носов, С. Г. Матвеев // Вестник офтальмологии. - 1998. - № 4. - С. 28-32.
100. Рожкова, Г.И. Взаимодействие бинокулярного и стереокинетического механизмов восприятия глубины у детей с нормальным и нарушенным бинокулярным зрением / Г.И. Рожкова, Н.Н. Васильева // Сенсорные системы. – 2001. - №1. - С. 61-68.
101. Рожкова, Г.И. Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей / Г.И. Рожкова, В.С. Токарева. – М.: Владос, 2001. – 101 с.
102. Рожкова, Г.И. Геометрические зрительные иллюзии и механизмы константности восприятия размера у детей / Г.И. Рожкова, В.С. Токарева, В.В. Огнивов, В.А. Бастаков // Сенсорные системы. - 2005. - №1. - С. 26-36.
103. Рожкова, Г.И. Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции / Г.И. Рожкова, С.Г. Матвеев. – М.: Наука, 2007. – 315 с.
104. Рожкова, Г.И. Компьютерный метод оценки фузионных резервов с объективным контролем нарушений фузии / Г.И. Рожкова, Н.Н. Васильева // Физиология человека. 2010. - №3. – С. 12-21.
105. Рожкова, Г.И. Зрительный дискомфорт при восприятии стереоскопических изображений как следствие непривычного распределения

- нагрузки на разные механизмы зрительной системы / Г.И. Рожкова, С.В. Алексеенко // Мир техники и кино. – 2011. - №21. – С. 12-21.
106. Рожкова, Г.И. Функциональная коррекция нарушенного бинокулярного зрения: преимущества использования новых компьютерных технологий / Г.И. Рожкова, И.Т. Лозинский, М.А. Грачева, А.С. Большаков, А.В. Воробьев, И.В. Сенько, А.В. Белокопытов // Сенсорные системы. - 2015. – № 2. – С. 99-121.
107. Розанова, О.И. Закономерности изменений функций зрительной системы у больных содружественным косоглазием и разработка патогенетических принципов лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / О.И. Розанова. – Иркутск, 2004. – 123 с.
108. Розанова, О.И. Сходящееся содружественное косоглазие у взрослых / О.И. Розанова, А.Г. Щуко, В.П. Ильин, В.В. Малышев. – Иркутск, 2005. – 131с.
109. Рычков, И.Л. Многоуровневая функциональная организация пространственного зрения в результативной деятельности животных и человека: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.13 / И.Л. Рычков. - М., 1985. - 259 с.
110. Рычков, И.Л. Пространственное зрение человека и животных / И.Л. Рычков. - Иркутск: Издательство Иркутского Университета, 1990. - 216 с.
111. Селезнев, А.В. Новые пути функциональной реабилитации детей с косоглазием / А.В. Селезнев // Вестник Ивановской медицинской академии/ - 2011. – № 4. – С. 29-32.
112. Сенякина, А.С. Глазодвигательные и сенсорные нарушения при врожденном косоглазии, их диагностика и лечение: автореф. дис.... докт. мед. наук: 14.01.07 / А.С. Сенякина. - Одесса, 1980. - 27 с.
113. Сергиевский, Л.И. Функциональная теория содружественного косоглазия и ортоптическое лечение / Л.И. Сергиевский //Вестник офтальмологии. - 1949. – №4. – С. 21-26.
114. Сердюченко, В.И. Полупрозрачный окклюдор для лечения амблиопии /

- В.И. Сердюченко, Е.И. Косой // Офтальмологический журн. – 2006. - №2. – С. 48-49.
115. Сеченов, И.М. Элементы мысли / И.М. Сеченов. – СПб.: Питер, 2001.- 416 с.
116. Сёмочкин, А.В., Роганов В.Р. Определение требований к системе подготовки и визуализаций 3D моделей для оптико-аппаратно-программного комплекса «Трёхмерный медицинский атлас» /А.В. Сёмочкин, В.Р. Роганов // Теория и практика имитационного моделирования и создания тернажёров: Сб. статей международной конференции. – Пенза, 2015. - С. 40-44.
117. Смит, К.Ю. Биология сенсорных систем / К.Ю. Смит // Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 583 с.
118. Смольянинова, И.Л. Методические основы ортопто-хирурго-ортоптического лечения содружественного косоглазия / И.Л.Смольянинова, А.В. Хватова // Содружественное косоглазие и амблиопия: ученые записки МНИИГБ им. Гельмгольца, 1962. - № 7. - С. 81.
119. Соловьева, В.В. Метод бинариметрии в диплоптическом лечении содружественного косоглазия: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / В.В. Соловьева. - Иркутск, 1988. -164 с.
120. Тарасцова, М.М. Диплоптическое лечение содружественного косоглазия у детей раннего и дошкольного возраста: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / М.М. Тарасцова. - М., 1985. - 26 с.
121. Тарутта, Е.П. Состояние привычного тонуса и тонуса покоя аккомодации у детей и подростков на фоне аппаратного лечения близорукости / Е.П. Тарутта, Н.А. Тарасова // Российский офтальмологический журнал. - 2012. - № 2. - С. 56-63.
122. Тарутта, Е.П. Федеральные клинические рекомендации: Диагностика и лечение содружественного косоглазия / Е.П. Тарутта, Н.А. Аклаева // Российская педиатрическая офтальмология. - 2015. – №2. – С. 24-29.
123. Татаринев, С.А. Значение использования компьютера при лечении детей

- с косоглазием и амблиопией / С.А. Татаринов, С.Г. Амелянова, Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. - 1993. - № 5. - С. 28-29.
124. Тахчиди, Х.П. Состояние динамической рефракции у школьников с различными видами рефракции / Х.П. Тахчиди, Т.А. Корнюшина, А.В. Ибрагимов // Вестник Офтальмологии. - 2011. – №5. – С. 44-47.
125. Турпалов, В.Е. Технологии трехмерной научной визуализации и геометрического моделирования в цифровой биомедицине / В.Е. Турпалов, Н.И. Гаврилов / Научная визуализация. – 2015. - №4. С. 27-43.
126. Уваров, А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и школа. – 2018. - №4. С. 108-117.
127. Усенков, Д.Ю. Стереотехнологии – школе / Д.Ю. Усенков // Компьютерные инструменты в школе. – 2009 - №4. - С. 52-64.
128. Фёдоров, И.В. Опыт краткосрочного обучения врачей эндохирургии различных специальностей / И.В. Фёдоров // Поволжский онкологический вестник. – 2014. - №1. - С. 54-56.
129. Филин, В.А. О механизме произвольных скачков и их роль в зрительном процессе / В.А. Филин // Моторные компоненты зрения. – М.: Медицина, 1975. - С. 61-101.
130. Филиппенко, В.О. Применение авиационных тренажёров для наземной подготовки пилотов / В.О. Филиппенко // Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажёров: Сб. статей международной конференции. – Пенза, 2015. - С. 50-52.
131. Хватова, А.В. Опыт ортопто-хирурго-ортоптического лечения содружественного косоглазия / А.В. Хватова // Ученые записки МНИИГБ им.Гельмгольца, 1962. – №7. – С. 101-102.
132. Хватова, А.В. Амблиопия: зрительные функции, патогенез и принципы лечения / А.В. Хватова, Н.Н. Слышалова, А.Е. Вакурина // Зрительные функции и их коррекция у детей; под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. - М.:Медицина, 2005. – С. 202-220.

133. Хуснутдинова, Э.Г. Тактика лечения детей с аккомодационным, частично-аккомодационным и неаккомодационным косоглазием / Э.Г. Хуснутдинова // Точка зрения. Восток-запад, 2015. - №2. – С. 88-90.
134. Чистяков, И.Г. Жидкие кристаллы / И.Г. Чистяков. - М., 1966. - 124 с.
135. Шакарян, А.А. Бинокулярное взаимодействие в норме и при патологии и его значение в диплоптическом лечении содружественного косоглазия: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.01.07 / А.А. Шакарян. - М, 1995. - 36 с.
136. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В.Волков. - М., 1998. - С. 387-391.
137. Шамшинова, А.М. Наследственные и врожденные заболевания сетчатки и зрительного нерва / А.М. Шамшинова. – М.: Медицина, 2001. – 527 с.
138. Шаповалов, С.Л. Аккомодация глаза и ее нарушения / С.Л. Шаповалов, Т.И. Милявская, С.А. Игнатъев. - М.: МИК, 2011. -184.
139. Шаповалов, С.Л. Применение лазерных спеклов в лечении функциональных зрительных нарушений / С.Л. Шаповалов, Т.И. Милявская. С.А. Игнатъев. – М.: МИК, 2012. -152 с.
140. Шарапова, А.Х. Методы восстановления фузионной способности при косоглазии и их клиническая оценка: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / А.Х. Шарапова. - Самарканд, 1974. -21 с.
141. Шахнович, А.Р. Мозг и регуляция движений глаза / А.Р. Шахнович. – М., 1974. - 160с.
142. Шошина, И.И. Возрастные особенности пола и зрительной асимметрии на восприятие фигуры Поггендорфа / И.И. Шошина, Л.Н. Медведев // Сенсорные системы. - 2005. – № 1. С. 37-43.
143. Щаденко, С.В. 3D-визуализация для планирования операций и выполнения хирургического вмешательства (CAS-технологии) / С.В. Щаденко, А.С. Горбачёва, А.Р. Арсланова, И.В. Толмачёва // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – Т. 13 (4). – С. 165-171.
144. Щуко, А.Г. Механизмы формирования амблиопии у детей и разработка

- патогенетических принципов лечения: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / А.Г. Щуко. – Иркутск, 1997. – 141 с.
145. Юсупов, А.А. Изучение эффективности комплексного лечения содружественного сходящегося косоглазия с использованием ортоптики и диплоптики на основании непосредственных и отдаленных результатов: автореф. дис. канд. ... мед. наук: 14.01.07 / А.А. Юсупов. - М., 1984. – 185 с.
146. Adams, W.E. Frisby Davis distance stereoacuity values in visually normal children / W.E. Adams, S. Hrisos, S. Richardson, H. Davis, J.P. Frisby// British journal of Ophthalmology. – 2005. – Vol. 89. – P. 1438-1441.
147. Alais, D. Binocular rivalry / D. Alais, R. Blake. - Cambridge: MIT Press. – 2005. – 373 p.
148. Alpern, M. The effect of prism on esotropia – a case report / M .Alpern, H.W. Hofstetter // Optometry and Vision Science. – 1948. – Vol. 25. - P. 80-91.
149. Anderson, C.H. Shifter circuits: A computational strategy for dynamic aspects of visual processing / C.H. Anderson // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1987. – V. 84(17). – P. 6297-6301.
150. Anketell, P.M. Stereoacuity norms for school-age children using the Frisby stereotest / P.M. Anketell, K.J. Sauders // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. -2013. V. 17(6) - P. 582-587.
151. Anstis S.M. Monocular lustre from flicker / S.M. Anstis // Vision Research. - 2000. - V. 40. - P. 2551-2556.
152. Arnoldi, K. Modification of the Titmus Fly test to improve accuracy / K. Arnoldi, A. Frenkel //American Orthoptic Journal. – 2014. – V. 64. – P. 64-70.
153. Asper, L. Strabismic amblyopia/ Part 1: Psychophysics / L. Asper, D. Grewther, S.G. Grewther // Clin. Exp. Optom. 2000. – V. 83 (2). – P. 49-58.
154. Atkinson, J. The developing visual brain / J.Atkinson. - New York.: Oxford University Press. - 2002. -176 p.
155. Awadein, A. A compyterized version of the Lancaster red-green test / A. Awadein // J. AAPOS. – 2013. – V. 17 (2). – P. 197-202.

156. Badde, S. Towards explaining spatial touch perception: weighted integration of multiple location codes / S. Badde, T. Heed // *Cognitive Neuropsychology*. - 2016. – V. 33(1-2). P. 26–47.
157. Bagolini, B. Diagnostic et possibilite de traitement de l'eta sensoriel du strabisme concomitant avec des instruments peu dissociants (Test du vere strie et barre de filtres) / B. Bagolini // *Ann. Ocul.* - 1961. - V. 194. - P. 236-258.
158. Barnhardt, C. Symptoms in children with convergence insufficiency: before and after treatment / C. Barnhardt, S.A. Cotter, G.L. Mitchell // *Optom. Vis Sci.* 2012. V. 89. P. 1512.
159. Battini, C. La proprioception des muscles extrinseques de l'oeil participe-t-elle à l'équilibre, à la vision et à l'oculomotricité? / C. Battini, P. Buisseret, M.H. Lasserre // *Ann. Otolaryngol. Chir. Cervicofac.* -1985. - V. 102. - P. 7-18.
160. Baumgartner, G. Indirekt Grössenbestimmung der rezeptiven Felder der Retina beim menschen mittels der Hermannschen gittertäuschung / G. Baumgartner // *Pflüger Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere.* - 1960. - V. 272. - P. 21-22.
161. Bergen, J.R. Hermann's grid: new and improved / J.R. Bergen // *Investigative ophthalmology&Visual Science, Supplement.* - 1985. - V. 26. - P. 280-285.
162. Bertamini, M. The honeycomb illusion: Uniform textures not perceived as such / M. Bertamini, M.H. Herzog, N. Bruno // *i-Perception.* - 2016. - V. 3. - P.1-15.
163. Bielschowsky, A. Über monokuläre Diplopie ohne physikalische Grundlage nebst Bemerkungen über das Sehen Schielender / A. Bielschowsky // *Albrecht von Græfe's Archiv für Ophthalmologie.* – 1898. –V. 46 (1). – P. 143-183.
164. Bista, S. Kinetic depth images: flexible generation of depth perception / S. Bista, I.L. Leitao da Cunha, A. Varshney // *The Visual Computer.* - 2017. – V. 33(10). - P 1357-1369.
165. Blake, R. A neural theory of binocular rivalry / R. Blake // *Psychological Review.* - 1989. - V. 96. - P. 145-167.

166. Bourron-Madignier, M. Evaluation clinique de la fonction visuelle chez l'enfant / M. Bourron-Madignier // J. Fr. Orthoptique. -1997 – V. 29. - P. 31-37.
167. Broadbent, H. An evaluation of techniques for measuring stereopsis in infants and young children / H. Broadbent, C. Westall // Ophthalmic and Physiological Optics. – 1990. - V. 10 (1). -P. 3-7.
168. Brouwer, G. Endogenous influences on perceptual bistability depend on exogenous stimulus characteristics / G. Brouwer, Ee. R. Van // Vision Research 2006. - V. 46. - P. 3393-3402.
169. Bruno, N. A visual–haptic Necker cube reveals temporal constraints on intersensory merging during perceptual exploration / N. Bruno // Neuropsychologia. – 2007. – V. 45 (3). P. 469-475.
170. Buehren, T. Accomodation stimulus-response function and retinal image quality / T. Buehren, M.J. Collins // Vision Research. -2006. - V. 46. - P. 1633-1645.
171. Bui Quoc, E. Les voies visuelles. In: Strabisme. Rapport de la Société Française d'Ophthalmologie / E.Bui Quoc. - Paris.: Elsevier Masson. - 2013. - P. 417-421.
172. Bui Quoc, E. Origins of strabismus and loss of binocular vision / E. Bui Quoc, C. Millert // Frontiers in Integrative Neuroscience. – 2014. - V. 8. – P. 71-72.
173. Buisseret, P. Influence of extraocular muscle proprioception on vision / P.Buisseret // Physiological Reviews. – 1995. - V. 75. - P. 323-338.
174. Burian, H. Sensorial retinal relationship in concomitant strabismus / H. Burian // Archiv. Ophthalmology. – 1947. - № 37. - P. 504-509.
175. Buser, P. Vision. Neurophysiologie fonctionnelle. V. IV. / P. Buser, M. Imbert. – Paris.: Hermann. – 1987. – 505 p.
176. Caltrider, N. Overcorrecting minus lens therapy for treatment of intermittent exotropia / N. Caltrider, A. Jampolsky // J. Ophthalmology. – 1983. V. 90 (10). – P. 1160-1165.
177. Campos, E. Proprioception des muscles oculaire et perception / E. Campos //

- Reviews ONO. – 1991. – V.14. – P. 28-30.
178. Carney, T. Uncrossed-eye processing of motion and colour information / T. Carney, M. Shadlen, E. Switkes // Nature. 1987. - V. 328. - P. 647-649.
179. Chaumont, P. Lunettes alternantes a cristaux liquides / P. Chaumont // Brochure presentee au Congres International d'Orthoptique. – Cannes. - 1983. - 23 p.
180. Chaumont, P. Apparition et variation de la diplopie / P. Chaumont // J. Fr. Orthoptique. -1985. - V. 17. – P. 109-116.
181. Chaumont, P. L'inhibition a la relecture de Hamburger / P. Chaumont //J. Fr. Orthoptique. – 1995. - № 27. - P. 27-36.
182. Chew, E. Risk factors for esotropia and exotropia / E.Chew, N.A.Remaley, A.Tamboli // Archives of Ophthalmology. – 1994. - V. 112(10). –P.1349–1355.
183. Christian, P. The management of small-angle esotropia with abnormal retinal correspondance / P. Christian //Amer. Orthopt. Journal. – 1971 – V.21. - P.92-97.
184. Ciner, E.B. Stereoacuity development: 6 months to 5 years. A new tool for testing and screening // Optometry and Vision Science. - 1996, V. 73. - P. 43-48.
185. Cogan, A.I. La fixation foveale en rivalite avec la fusion binoculaire. Une hypothese de developpement / A.I. Cogan . - New York: Pergamon Press. - 1982. - P. 233-236.
186. Cooper, J. Comparing stereoscopic performance of children using the Titmus, TNO and Randot stereo tests / J. Cooper, J. Feldman, D. Medlin // Journal of American Optometry. – 1979. V. 50(7). – P.821-825.
187. Cuppers, C. Moderne schielbehandlung / C.Cuppers // Kl. Mnbl. Augenheilk - 1956. - № 129. - P. 579-584.
188. Daw, N.W. Visual Development / N.W. Daw. – New York: Springer. – 2014. - 245 p.
189. Day, R. On the common stimulus condition and explanation of Muller-Lyer, Poggendorff and Zollner illusions / R. Day // Australian Journal of Psychology. - 2010. - V. 62 (3). - P. 115-120.

190. Della-Justina, H.M. Interaction of brain areas of visual and vestibular simultaneous activity with fMRI / H.M. Della-Justina, H.R. Gamba, K. Lukasova, M.P. Nucci-da-Silva, A.M.Winkler, E. Amaro // *Experimental Brain Research*. – 2015. – V. 233. - P.237–252.
191. Donnelly, U.M. Horizontal strabismus worldwide-what are the risk factors? / U.M. Donnelly // *Ophthalmic Epidemiol.* – 2012. V. 19. P. 117-119.
192. Duane, A. Congenital deficiency of abduction, associated with impairment of adduction, retraction, movements, contraction of the palpebral fissure and oblique movements of eyes / A. Duane // *Archives of Ophthalmology*. – 1905. – V. 34. – P. 133-159.
193. Dusek, W. A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties / W. Dusek, B.K. Pierscionek // *BMC Ophthalmology*. - 2010. - V. 10. - P. 16.
194. Dutra-Medeiros, M. Three-Dimensional head-mounted display system for ophthalmic surgical procedures / M. Dutra-Medeiros, J. Nascimento, J. Henriques, S. Barrão, A. Fernandes-Fonseca, N. Aguiar-Silva, N. Moura-Coelho, V. Agoas // *Retina*. – 2017. – V. 37 (7). – P. 1411-1412.
195. Eckardt, C. Heads-up surgery for vitreoretinal procedures: an experimental and clinical study / C. Eckardt, E.B. Paulo // *Retina*. – 2016. – V. 3. – P. 137-147.
196. Economides, J.R. Perception via the deviated eye in strabismus / J.R. Economides, D.L. Adams, J.C. Horton // *Journal of Neuroscience*. – 2012. – V. 32 (30). – P. 10286–10295.
197. Elberger, A.J. Divergent strabismus following neonatal callosal section is due to a failure of convergence / A.J. Elberger, H.V. Hirsxh // *Brain Research*. - 1982. – V. 239 (1). - P. 275-278.
198. Engel, E.C. The genetic basis of complex strabismus / E.C. Engel // *Pediatric Research*. – 2006. V. 59 (3). - P. 343-348.
199. Engel, E.C. Genetic basis of congenital strabismus / E.C. Engel // *Archives of Ophthalmology*. - 2007. - V. 125 (2). - P. 189-195.

200. Erbagci, I. Using liquid crystal glasses to treat amblyopia in children / I. Erbagci, S.Okumus, V.Oner E.Coskun, O.Celik, B.Oren // J. AAPOS. – 2015. – V. 19. – P. 257-259.
201. Erkelens, C.J. Control of vergence: grading among disparity inputs by voluntary target selection / C.J. Erkelens, H. Collewijn // Experimental Brain Research - 1991. - V. 87 (3). – P. 671-678.
202. Erkelens, C.J. The power of linear perspective in slant perception and its implication for the neural processing of orientation / C.J. Erkelens // Perception. – 2013. – V. 42. - P. 13-14.
203. Espinasse-Berrod, M.-A. Strabologie: approches diagnostique et therapeutique / M.-A. Espinasse-Berrod. – Paris.: Elsevier Masson. – 2018. – 400 p.
204. Feoktistova, S.V. Illusory rotation of ambiguous figures in children and adults / S.V. Feoktistova, S.V. Dmitrieva, S.G. Hodyreva, A.V. Filippova// Perception. - 2010. - V. 39. - P. 176-177.
205. Fischer, G.T. Factors affecting estimation of depth with variations of the stereokinetic effect //American Journal of Psychology. - 1956. - V. 69. - P. 252-257.
206. Fischer, B. Illusory illusion: The significance of Fixation on the perception of geometrical illusion /B. Fischer, O. da Pos, F. Stürze // Perception. – 2003. – V. 32. – P. 1001-1008.
207. Formankiewicz, M.A. Binocular lustre as an attribute of surface perception / M.A. Formankiewicz, J.D. Mollon // Perception. – 2006. – V. 35. – P. 213.
208. Fowler, C.W. Liquid crystals lens review / C.W. Fowler, E.S. Pateras // Ophthalm. Phisiol. Opt. - 1990. - V. 10. - P.186-194.
209. Fujikado, T. A clinical evaluation of stereopsis required to see 3-D images / T. Fujikado, J. Hosohata // Ergonomics. – 1996. – V. 39 (11). – P. 1315-1320.
210. Gadia, D. Assessing stereoblindness and stereo acuity on digital displays / D. Gadia, G. Garipoli, C. Bonanomi, L. Albani, F. Rizzi // Displays. – 2014. – V. 35. – P. 206-212.

211. Gaertner, C. Binocular coordination of saccades during reading in children with clinically assessed poor vergence capabilities / C. Gaertner, M.-P. Bucci, L. Ajrezo, S. Wiener-Vacher // *Vision Research*. – 2013. - V. 87. - P. 22-29.
212. Gambacorta, C. An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study / C. Gambacorta, M. Nahum, I. Vedamurthy, J. Bayliss, J. Jordan, D. Bavelier, D.M. Levi // *Vision Research*. – 2018. – V. 148. – P. 1-14.
213. Gaymard, B. Conséquences oculomotrices des troubles vestibulaires centraux / B. Gaymard // *Revue Francophone d'Orthoptie*. – 2017. – V. 10 (3). – P. 139-144.
214. Gibson, H. Textbook of orthoptics / H. Gibson. – London. - 1955. - 193p.
215. Gillam, B. A depth processing theory of the Poggendorff illusion / B. Gillam // *Perception & Psychophysics*. – 1971. – V.10. – P.211-215.
216. Gillam, B. Postfusional latency in stereoscopic slant perception and the primitives of stereopsis / B. Gillam, D. Chambers, T. Russo // *J. Experimental psychology*. – 1988. – V. 14. – P. 163-175.
217. Goddé-Jolly, D. Ophtalmologie pédiatrique / D. Goddé-Jolly, J.-L. Duffier. – Barcelone, Bonn: Masson, 1992. – 479 p.
218. Gori, M. Long integration time for accelerating and decelerating visual, tactile and visuo-tactile stimuli / M. Gori, A. Sciutti, M. Jacono, G. Sandini, C. Morrone, D.C. Burr // *Multisensory Research*. - 2013. – V. 26 (1–2). – P. 53–68.
219. Goss, D.A. Clinical accommodation and heterophoria findings preceding juvenile onset of myopia / D.A. Goss // *Optom. – Vis. Sci.* – 1991. – V. 68 (2). – P. 110-116.
220. Gracis, J.P. Strabisme congenital: une nouvelle hypothese pour expliquer les echecs de la chirurgie et de la toxine / J.P. Gracis, G. Cattini // *J. Fr. Orthoptique*. – 1998. – №30. – P. 143-151.
221. Gray, G.W. Molecular structure and the properties of liquid crystals / G.W. Gray. - London: Academic Press. - 1962. – 112 p.
222. Han, S.B. New stereoacuity test using a 3-dimensional display system in

- children / S.B. Han, H.K. Yang, J. Kim, K. Hong, B. Lee, J.M. Hwang // PLoS One. -2015. - V. 10 (2). – P. 21-26.
223. Hansell, R. Stereopsis and ARC / R. Hansell // Am. Orthopt. J. – 1991. - V. 41. – P. 122-127.
224. Harrison, S.J. Disambiguation of Necker cube rotation by monocular and binocular depth cues / S.J. Harrison, B.T. Backus, A. Jain // Vision Research. – 2011. – V. 51(9). – P. 978-986.
225. Hense, M. Tactile motion biases visual motion perception in binocular rivalry / M. Hense, S. Baddle, B. Röder // Attention, Perception & Psychophysics. – 2019. - Special issue. – P. 1-10.
226. Herbison, N. Interactive binocular treatment (I-Bit) for amblyopia: results of a pilot study of 3D shutter glasses system / N. Herbison, S. Cobb, R. Gregson, I. Ash, R. Eastgate, J. Purdy, T. Hepburn, D. MacKeith, A. Foss // Eye. – 2013. – V. 27(9). – P. 1077-1083.
227. Herbison, N. Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system / N. Herbison, D. MacKeith, A. Vivian, J. Purdy, A. Fakis, I.M. Ash, S.V. Cobb, R.M. Eastgate, S.M. Haworth, R.M. Gregson, A. Foss // Br. J. Ophthalmol. – 2016. – V. 100 (11). – P. 1511–1516.
228. Hermann, L. Eine Erscheinung simultanen Kontrastes / L. Hermann // Pflüger Archiv für die gesamte Physiologie. – 1870. – V. 3. – P.13-15.
229. Hess, R.F. Amblyopia and binocular approach to its therapy / R.F.Hess, B.Thompson // Vision research. – 2015. – V. 114. – P. 4-16.
230. Hirschberg, J. Über messung des schielgrades und dosirung der schieloperation / J. Hirschberg // Zentralblatt für Praktische Augenheilkunde. – 1885. – V. 8. – P.325-327.
231. Holcombe, A.O. Illusory motion reversals from unambiguous motion with visual, proprioceptive and tactile stimuli / A.O. Holcombe, T. Seizova-Crajić // Vision Research. – 2008. – V. 48. – P. 1743-1757.

232. Hollingworth, A. Visual memory for natural scenes / A. Hollingworth. - New York: Oxford University Press. – 2008. – P. 123-161.
233. Holmin, J. Motion parallax thresholds for unambiguous depth perception / J. Holmin, M. Nawro // Vision Research. – 2015. – V. 115. – P. 40-47.
234. Howard, I.P. Perceiving in depth (Vol. 2: stereoscopic vision) / I.P. Howard, B.J. Rogers. – New York: Oxford University Press. – 2012. – P. 162-166.
235. Huang, P.C. Temporal synchrony deficits in amblyopia / P.C. Huang, J. Li, D. Deng // Invest. Ophthalm. Vis. Sci. – 2012. - V. 53. - P. 8325-8332.
236. Hubel, D.H. Brain and visual perception: The story of a 25-year collaboration. - New York: Oxford University press. - 2005.- 729 p.
237. Jampolsky, A. Spring back balance test in strabismus surgery / A. Jampolsky // Transacts of the New Orleans Academy of Ophtalmology. - St. Louis: Mosby. – 1978.– P. 104-111.
238. Javal, E. Methode zur Heilung gewisser Falle von Strabismus / E. Javal //Kl. Mnbl. Augenheilk. - 1864. – 404 p.
239. Javal, E. Du traitement optique du strabisme / E.Javal //Bull de l'acad. De med. Paris. -1886. V. XVI. – 303 p.
240. Jeanrot, N. Vision binoculaire et stereoscopic / N. Jeanrot // J. Fr. d'Orthoptique. – 1995. – № 27. – P. 21-25.
241. Jeanrot, N. Réfraction et syndrome pré-myopique / N. Jeanrot // J. Fr. d'Orthoptique. – 2006. - №38. – P. 137-140.
242. Jeanrot, N. Manuel de strabologie: Aspects Cliniques et thérapeutiques / N. Jeanrot, F. Jeanrot. –Issy-les Moulineaux: Elsevier-Masson. - 2018. - 248 p.
243. Jonkers, G. The results of 5 years orthoptik training / G. Jonkers // Ophthalmologies. – 1955. – V. 130. – P. 69-72.
244. Kanonidou, E. Amblyopia: a mini review of the literature / E. Kanonidou // Internat. Ophthalm. – 2011. – V. 31 (3). – P. 249-256.
245. Kapoula, Z. Evidence for frequent divergence impairment in French dyslexic children: deficit of convergence relaxation or of divergence per se? / Z. Kapoula,

- M.P. Bucci // Graefes Arch Exp. Ophthalmol. 2006. - V. 245. - P. 931-936.
246. Kelker, H. History of liquid crystals / H. Kelker // Molecular crystal liquid crystals. - 1972. – V. 21. – P. 1-48.
247. Kerr, K.E. Anomalous correspondence – the cause or consequence of strabismus / K.E. Kerr // Optometry and Vision Science. – 1998. - V. 75. – P. 17-22.
248. Klink, P. Early interactions between neuronal adaptational and voluntary control determine perceptual choices in bistable vision / P.C. Klink, R. van Ee, M.M. Nijs, G.J. Brouwer, A.J. Noest, R. J. van Wezel // Journal of Vision. 2008. V. 8. № 5. P.16-18.
249. Kolers, P.A. Some differences between real and apparent visual movement / P.A. Kolers // Vision Research. – 1963. – V. 7. – P. 254-267.
250. Krebs, R. M. The saccadic re-centering bias is associated with activity changes in the human superior colliculus / R.M. Krebs, M. A.Schoenfeld, C.N. Boehler, A.W. Song // Frontiers in Human Neuroscience. – 2010. - V. 4. P. 193-197.
251. Krinsky, E. Method for objective investigation of strabismus / E. Krinsky // Journal of the American Medical Association. – 1951. – V. 145 (8). P. 539-544.
252. Kushner, B.J. The Functional Benefits of Strabismus Surgery / B.J. Kushner // Journal of Binocular Vision and Ocular Motility. – 2018. – Vol. 68. – P. 59-62.
253. Lang, J. A new stereotest / J. Lang // Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus. 1983. - V. 20 (2). – P. 72-74.
254. Lafuente, V. The orientation dependence of the Hermann grid illusion / V. Lafuente, O. Ruiz // Experimental Brain Res. - 2004. - V.154. - P. 255-260.
255. Lee, K.M. Binocularity and spatial frequency dependence of calcarine activation in two types of amblyopia / K.M. Lee, S.H. Lee, N.Y. Kim // Neurosci Res. – 2001. – V. 40 (2). – P. 147-153.
256. Leigh, R.J. The saccadic system. In The neurology of the eye movement / R.J. Leigh, D.S. Zee. – New York: Oxford University Press. – 2006. – P. 108-187.
257. Levi, D.M. Stereopsis and amblyopia: a mini review / D.M. Levi, D.C. Knill,

- D. Bavelier // *Vision Research*. – 2015. - V. 114. – P. 17-30.
258. Levine, M.W. The effects of curvature on the grid illusions / M.W. Levine, J.J. McAnany // *Perception*. - 2008. - V. 37. - P. 171-184.
259. Li, X. Effective connectivity anomalies in human amblyopia / X. Li // *Neuroimage*. - 2011. – V. 54. – P. 505-516.
260. Li, S.L. A binocular iPad treatment for amblyopic children / S.L. Li, R.M. Jost, S.E. Moral, D.R. Stager, L. Dao, D. Stager, E.E. Birch // *Eye*. – 2014. – V. 28 (10). – P. 1246-1253.
261. Ludwig, I. Temporal integration of monocular images separated in time: stereopsis, stereoacuity and binocular luster / I. Ludwig, W. Pieper, H. Lachnit // *Percept. Psychophys.* – 2007. – V. 69 (1). – P. 92-102.
262. Mawas, L.J. A new instrument for the study of binocular vision and the correction of its anomalies / L.J. Mawas, E. Mawas // *American Orthoptic Journal*. – 1983. -V. 33 (1). – P. 48-53.
263. Menz, M.D. Stereoscopic depth processing in the visual cortex: a coarse-to-fine mechanism /M.D. Menz, R.D. Freeman / *Nat. Neurosci* – 2003. – V. 6. – P. 59-65.
264. Morgan, M.W. A unique case of double monocular diplopia / M.W. Morgan // *Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom.* – 1955. - V. 32. – P. 70-87.
265. Morgan, M.W. Anomalous correspondence interpreted as a motor phenomenon / M.W. Morgan // *Arch. Am. Acad. Optom.* – 1961. –V. 38. – P. 131-148.
266. Müller, J.A. Spatial orientation in patients with chronic unilateral vestibular hypofunction is ipsilesionally distorted / J.A. Müller, C.J. Bockisch, A.A. Tarnutzer // *Clin. Neurophysiol.* – 2016. - V. 127. – P. 3243–3251.
267. Ninio, J. Orientational versus horizontal disparity in the stereoscopic appreciation of slant / J. Ninio // *Perception*. – 1985. – V. 14. – P. 305-314.
268. Ninio, J. *La science des illusions* / J. Ninio. Paris.: Odile Jacob. 1998. – 202 p.
269. Ninio, J. Characterization of the misalignment and misangulation components

- in the Poggendorff and corner-Poggendorff illusion / J. Ninio, J.K. O'Regan // Perception. -1999. - V. 28. – P. 949-964.
270. Ninio, J. Variations on the Hermann grid: an extinction illusion / J. Ninio, K.A. Stevens // Perception, 2000. - V. 29. - P. 1209-1217.
271. Ninio, J. L'empreinte des sens / J. Ninio. - Paris.: Odile Jacob, 2011(a). – 280 p.
272. Ninio, J. Au coeur de la memoire / J. Ninio. – Paris.: Odile Jacob, 2011(b). - 179 p.
273. Ohtsuki, H. Evaluation of preoperative prism adaptation in patients with acquired esotropia / H. Ohtsuki, S. Hasebe, Y. Tadokoro, F. Kishimoto, S. Watanabe, M. Okano // Nippon-Ganka-Gakkai-Zasshi. – 1992. - V. 96, № 7. - P. 910-915.
274. Orssaud, C. l'amblyopie / C. Orssaud // Journal Français d'Ophthalmologie. – 2014. - V. 37(6). – P. 486-496.
275. O'Shea, R.O. Binocular rivalry occurs without simultaneous presentation of rival stimuli / R.O. O'Shea, B. Crassini // Perception and Psychophyic. 1984. – V. 36. – P. 266-276.
276. Pageau, M. Stéréopsies locale et globale chez l'enfant microstrabique / M. Pageau, D. Guise, D. Saint-Amour // Canadian Journal of Ophthalmology. – 2011. – V. 46 (3). – P. 271-275.
277. Pagel, B. Change of reference frame for tactile localization during child development / B. Pagel, T. Heed, B. Röder // Developmental Science. - 2009. – V. 12(6). - P. 929-937.
278. Paliaga, G.P. Le test du prisme de huit dioptries base nasale dans le diagnostic des micro-ésotropies / G.P. Paliaga, G. Paladini // J. Fr. D'Orthopyique. – 1987. – V. 19. – P. 121-126.
279. Pasino, L. Area of binocular vision in anomalous retinal correspondence/ L. Pasino, G. Maraini // British Journal of Ophthalmology. - 1966. –V. 50. – P. 646-650.

280. Pastukhov, A. Perceptual coupling induces co-rotation and speeds up alternations in adjacent bi-stable structure-from-motion objects / A. Pastukhov, C.R. Zaus, S. Aleshin, J. Braun // *Journal of Vision*. - 2018. - V. 18. - P. 1–14.
281. Peek, C.K. Saccade related burst neurons in cat superior colliculus / C.K. Peek // *Brain. Res.* - 1987. - V. 227 (2). – P. 329-333.
282. Peragallo, J.H. Retinopathy and optic atrophy: Expanding the phenotypic spectrum of pathogenic variants in the AARS2 gene / J.H. Peragallo, S. Keller, M.S. van der Knaap // *Ophthalmic genet.* - 2018. - V. 39 (1). - P. 99-102.
283. Petterossi, V.E. Extraocular muscle proprioception and eye position / V.E. Petterossi, A. Ferraresi, F. Draicchio, P. Erroco, R. Santarelli, E. Manni // *Acta oto-laringol.* - 1995. - V. 115 (2). – P. 137-140.
284. Phillips, P.H. Treatment of diplopia / P.H. Phillips // *Semin. Neurol.* – 2007. - V. 27(3). – P. 288-298.
285. Piano, M. A pilot study examining density of suppression measurement in strabismus / M. Piano, D. Newsham // *Strabismus*, 2015. – V. 23 (1). - P.14-21.
286. Piano, M.E. Normative values for near and distance clinical tests of stereoacuity / M.E. Piano, L.P. Tidbury // *Strabismus*. – 2016. - V. 24 (4). - P. 169-172.
287. Pigassou-Albouy, R. Traitement du strabisme par les prismes / R. Pigassou-Albouy // *Doc. Ophthalmol.* - 1984. - V. 65. - P. 45-49.
288. Pigassou-Albouy, R. La fonction binoculaire explicitee / R. Pigassou-Albouy // *J. Francais d’Ortoptique*. – 1991. – V. 23. – P. 141-147.
289. Popple, A.V. Location coding by the human visual system: multiple topological adaptations in a case of strabismic amblyopia / A.V. Popple, D.M. Levi // *Perception*. - 2005. - V. 34. - P. 87-107.
290. Qian, K. The role of orientation processing in the scintillating grid illusion / K. Qian, T. Kawabe, Y. Yamada, M. Kayo // *Attention, Perception & Psychophysics*. - 2012. - V. 74. - P. 1020-1032.
291. Qiu, F. Interactive binocular amblyopia treatment system with full-field vision

- based on virtual reality / F. Qiu, L. Wang, Y. Liu, L. Yu // International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. – 2007. – P. 1257-1260.
292. Quere, M.A. Acquisitions neuro-physiologiques recentes et pathologie oculomotrice infantile/M.A.Quere //J. Fr. Orthoptique. –1999. – V. 31. - P.11-29.
293. Ramachandran, V.S. Monocular double vision in strabismus / V.S. Ramachandran, S. Cobb // Neuroreport. – 1994. –V. 5. – P. 1418-1420.
294. Rastegapour, A. A computer-based anaglyphic system for the treatment of amblyopia / A. Rastegapour // Clinical Ophthalm. – 2011. - V. 5. – P. 1319-1323.
295. Reed, J-C.A. The scintillating grid illusion is enhanced by binocular viewing / J-C.A. Reed, J.H. Robson, C.L.Smith // i-Perception. - 2012. - V. 3. - P. 820-830.
296. Rochefort, N.L. Sparsification of neuronal activity in the visual cortex at eye-opening / N.L. Rochfort, O.Garaschuk, R.I. Milos, M. Narushima, N. Marandi, B. Pichler, Y. Kovalchuk, A. Konnerth // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2009. - V. 106. - P. 15049-15054.
297. Roder, B. Developmental vision determines the reference frame for the multisensory control of action / B. Roder, A.Kusmieriek, C. Spence, T. Schicke // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2007. - V. 104(11). – P. 4753-4758.
298. Roper-Hall, G. Overview and comparison of screen test methods used in quantifying ocular motility disorders / G. Roper-Hall //American orthoptic Journal. – 2006. – V. 56. – P. 151-156.
299. Roth, A. "Vous avez dit binoculaire?" Les resultats binoculaires du traitement des strabismes concomitants / A. Roth // J. Fr. Orthoptique. – 1998. – V. 30. - P. 118-128.
300. Saj, A. Functional neuroanatomy of vertical perception in humans / A. Saj, L.Borel, J.Honoré // Front. Neurol. - 2019. - V. 10. - P. 142-149.
301. Sanfilippo, P.G. Heritability of strabismus: genetic influence in specific to eso-deviation and independent of refractive error / P.G. Sanfilippo, C.J. Hammond,

- S.E. Staffierri//Twin Research and Human Genetics. - 2012. - V. 15. - P. 624-630.
302. Schiller, P.H. The Hermann grid illusion revisited / P.H. Schiller, C.E. Carvey // Perception. – 2005. - Vol. 34 (11). - P. 1375-97.
303. Schiller, P.H. Vision and the visual system / P.H. Schiller, E.J. Tehovnik. – Oxford, UK: Oxford University Press. - 2015. - 390 p.
304. Schlenker M. The linear vestibulo-ocular reflex in patients with skew deviation / M. Schlenker, G. Mirabella, H.C. Goltz // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 2009. - V. 50. - P. 168-174.
305. Schmidt, R.F. Human physiology / R.F. Schmidt, G. Thewes. - Oxford, UK: Oxford University Press, 1983. - V. 1. - 263 p.
306. Scholl, B. Strabismus disrupts binocular synaptic integration in primary visual cortex / B. Scholl, A.Y. Tan, N.J. Priebe // J. Neurosci. - 2013. - V. 33. - P. 17108-17122.
307. Schrauf, M. The scintillation grid illusion / M. Schrauf, B. Lingelbach, E.R. Wist // Vision Research. - 1997. - V. 37. - P. 1033-1038.
308. Schwartz, J.-L. Multistability in perception: binding sensory modalities, an overview / J.-L. Schwartz, N.Grimault, J.-M. Hupe, B. Moore, D. Pressnitzer // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2012. - V. 367. - P. 896-905.
309. Scolozzi, P. Application of 3D orbital computer-assisted surgery (CAS) / P. Scolozzi // Stomatol. Oral Maxillofac. Surg. – 2017. - V. 56. – P. 1-7.
310. Sengpiel, F. Strabismic suppression is mediated by inhibitory interaction in primary visual cortex / F.S. engpiel, K.U. Jirrmann, V. Vorobyov, U.T. Eysel // Cerebral Cortex. - 2006. - V. 16. - P. 1750-1758.
311. Severac-Cauguil, A. Investir l'espace : perception et orientation ou comment se construit le percept 3D grâce aux différentes entrées proprioceptives /A. Severac-Cauguil // Revue Francophone d'Orthoptie. – 2017. - V.10 (3). – P. 151-155.
312. Simons, K. A comparison of the Frisby, Random-Dot E., TNO and Randot

- circles stereotests in screening and office use / K. Simons // Archives of Ophthalmology. -1981. - V. 99. - P. 446.
313. Sireteanu, R. Different patterns of retinal correspondence in the central and peripheral visual field of strabismic / R. Sireteanu, M. Fronius // Invest Ophthalmol. Vis. Sci. – 1989. – V. 30. – P. 2023-2033.
314. Smith, E.L. Colour vision is altered during the suppression phase of binocular rivalry / E.L. Smith, D.M. Levi, R.S. Harwerth, J.M. White // Science. - 1982. - V. 218. - P.802-804.
315. Snyderaker, D. The Maddox rod test:A ten year follow-up / D. Snyderaker // American Journal of ophthalmology. – 1963. - V. 55(3). – P. 484-488.
316. Sparks, D.L. The brainstem control of saccadic eye movements / D.L. Sparks // Nature Reviews Neuroscience. - 2002. - V. 3. - P. 952-964.
317. Spehar, B. Modal completion in the Poggendorff illusion: support for the depth-processing theory / B. Spehar, B. Gillam // Psychological Science. - 2002. - V. 13. - P. 306-312.
318. Su, L.M. Augmented reality robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy: toward real-time 3D-CT to stereoscopic video registration // Urology/ - 2009. – V. 73 (4). – P. 896-900.
319. Tagu, J. Quantifying eye dominance strength – New insights into the neurophysiological bases of saccadic asymmetries / J. Tagu, K. Dore-Mazars, J. Vergne, C. Lemoine-Lardennois, D.Vergilino-Petez //Neuropsychologia. – 2018. - V. 117. - P. 530-540.
320. Talasli, U. Applying Emmert’s law to the Poggendorff illusion / U. Talasli, A.B. Inan // Front. Hum. Neurosci. – 2015. - V.9. article 531.
321. Ten-Tusser, M.P. A neural model for cyclovertical eye movements and their disorders / M.P. Ten-Tusser // Strabismus. - 2011. - V. 19. - P. 986-994.
322. Thomson, W.D. A new system for the measurement of ocular motility using a personal computer / W.D. Thomson, N.Desai, I.Russel-Eggitt // Ophthalmic Physiol. Opt. – 1990. – V.10 (2). – P. 137-143.

323. Thorn, F. The development of eye alignment, convergence, and sensory binocularity in young infants / F. Thorn, J. Gwiazda, A.A. Cruz, J.A. Bauer, R. Held // *Invest-Ophthalmol-Vis-Sci.* – 1994. - V. 35 (2). - P.544-553.
324. Ticho B.H. Strabismus / B.H. Ticho // *Pediatric Clinic of North America.* – 2003. – V. 50 (1). – P. 173-188.
325. Tidbury, L.P. Clinical assessment of stereoacuity and 3-D stereoscopic entertainment / L.P. Tidbury, R.H. Black, A.R. O'Connor // *Strabismus.* – 2015. - V. 23 (4). - P. 164-169.
326. Toppino, T.C. Time for a change: What dominance durations reveal about adaptation effects in the perception of a bi-stable reversible figure / T.C. Toppino, G.M. Long // *Attention, Perception, & Psychophysics.* - 2015. – V. 77. - P. 867–882.
327. Trotter, Y. Neurobiologie de la perception tridimensionnelle / Y. Trotter // *Revue Francophone d'Orthoptie.* 2013. – V. 6 (4). P. 148-154.
328. Turan, K.E. Bilateral optic disc pathologies as an accompanying feature of comitant strabismus in children / K.E. Turan, H.T. Sekeroglu, I. Koc, A.S. Sanac // *International Ophthalmology.* - 2018. - V. 38 (2). - P. 425-428.
329. Tychsén L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks / L. Tychsén // *J. AAPOS.* -2005. – V. 9. - P. 510-521.
330. Vezzani, S. Stereokinetic effect, kinetic depth effect, and structure from motion. In *The Oxford Handbook of Perceptual Organization* / S. Vezzani, P. Kramer, P. Bressan. - Oxford, UK: Oxford University Press. - 2014. - 26 p.
331. Von Noorden G.K. Recurrent esotropia / G.K. Von Noorden, M. Munoz // *J. Pediatr. Ophthalm. Strabismus.* – 1988. - Vol. 25 (6). - P. 275-279.
332. Von Noorden, G.K. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus / G.K. Von Noorden, E.C. Campos. - U.S.A.: Mosby. - 2002. – 672 p.
333. Wang, X. Combination of blood oxygen level-dependent functional magnetic

- resonance imaging and visual evoked potential recording for abnormal visual cortex in two types of amblyopia / X. Wang, D. Cui, L. Zheng // *Mol. Vis.* – 2012. - V. 18. - P. 909-919.
334. Weber, K.P. Strabismus measurements with novel video Goggles / K.P. Weber, D. Rappoport, M. Dysli, T. Schmucler Meier, G.B. Marks, C.J. Bockisch, R. Landau, Y.G. MacDougall // *Ophthalmology.* - 2017. – V. 124 (12). – P. 1849-1856.
335. Weingeist, T.A. Pediatric ophthalmology and strabismus / T.A. Weingeist, T.J. Liesegang, M.G. Grand // *Basic and Clinical Science Course, section 6. – American Academy of Ophthalmology.* – 1998. – Vol. 3, №5. – P. 454-460.
336. Weintraub, D.J. Assessing Poggendorff effects via collinearity, perpendicularity, parallelism and Oppel (distance) experiments / D.J. Weintraub, L. Tong // *Perception & Psychophysics.* -1974. - Vol. 16. - P. 213-221.
337. Wilcox, L.M. Coarse-fine dichotomies in human stereopsis / L.M. Wilcox, R.S. Allison // *Vision Research.* – 2009. – V. 49. – 2653-2665.
338. Winn, B. Current perspective on microfluctuations of accommodation / B. Winn, B. Gilmartin // *Ophthalmol. Physiol. Opt.* - 1992. - Vol. 12. - P. 252-256.
339. Wist, E.R. The effect of interocular delay and repetition interval on depth perception / E.R. Wist, W.C. Gogel // *Vision research.* - 1966. – V. 6. – 325-334.
340. Wolfe, J.M. Stereopsis and binocular rivalry / J.M. Wolfe // *Psychol. Rev.* - 1986. - V. 93 (3). - P. 269-282.
341. Worth, C. Squint: its causes, pathology and treatment / C. Worth. - London: John Bale and Danielson. - 1921. – 14 p.
342. Yu, Y. A neural model of the scintillating grid illusion: Disinhibition and self-inhibition in early vision / Y. Yu, Y. Choe // *Neural computation.* - 2006. - Vol. 18. - P. 521-544.
343. Zavagno, D. Poggendorff illusion before Poggendorff / D. Zavagno, O. Daneyko, N. Stucchi // *Perception.* 2015. - V. 44. - P. 383-399.
344. Zhuang, J. Layer 4 in primary visual cortex of the awake rabbit: contrasting

properties of simple cells and putative feedforward inhibitory interneurons / J. Zhuang, C.R. Stoelzel, Y. Bereshpolova, J.V. Huff // Journal of Neuroscience. - 2013. - V. 33. - P. 11372-11389.

345. Ziakas, N.G. A study of heredity as a risk factor in strabismus / N.G. Ziakas, G. Woodruff, L.K. Smith, J.R. Thompson // Eye (Lond). - 2002. - V. 16. - P. 519-521.

Список сокращений

ОУ	Объективный угол косоглазия
СУ	Субъективный угол косоглазия
НКС	Нормальная корреспонденция сетчаток
АКС	Аномальная корреспонденция сетчаток
ФСП	Функциональная скотома подавления
ПМФ	Парадоксальная монокулярная фузия
СЭ	Стереокинетический эффект
ЧАЗН	Частичная атрофия зрительного нерва
ОАА	Объем абсолютной аккомодации
ООА	Объем относительной аккомодации