

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

АГАГУЛЯН САТЕНИК ГАГИКОВНА

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ МЕТОДОМ
ПРОГРАММИРУЕМОГО ПОПЕРЕМЕННОГО РАЗОБЩЕНИЯ ВЗОРА**

3.1.5. Офтальмология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
Азнаурян Игорь Эрикович

Самара – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1 Онтогенез бинокулярного зрения	12
1.2 Бинокулярные функции человека в норме	15
1.3 Фузия и стереоскопическое зрение как часть бинокулярной зрительной системы	18
1.4 Бинокулярные функции при содружественном косоглазии	21
1.5 Клиническая классификация бинокулярных функций	23
1.6 Методы исследования бинокулярного зрения	26
1.7 Способы восстановления сенсорной фузии	32
1.8 Использование жидкокристаллических очков в офтальмологии	35
1.8.1 Использование жидкокристаллических очков для восстановления бинокулярного зрения	37
1.9 Движения глазного яблока и методы их исследования	40
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	43
2.1 Материалы исследования	43
2.2 Методы исследования	45
2.2.1 Общепринятые (традиционные) методы исследования	45
2.2.2 Специальные методы исследования	46
2.2.3 Статистические методы исследования	47
2.3 Методы лечения	48
2.3.1 Методика ортоптического лечения на синоптофоре	48
2.3.2 Методика диплоптического лечения	48
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПУТЕМ ПОПЕРЕМЕННОГО РАЗОБЩЕНИЯ ПОЛЕЙ ЗРЕНИЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОЧКАМИ	51
3.1 Разработка метода восстановления сенсорной фузии	51

3.2 Исследование установочных движений глаза у пациентов без сенсорной фузии для определения параметров программирования жидкокристаллических очков	52
3.3 Формула расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков	55
ГЛАВА 4 СРАВНЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПРИ ЭМПИРИЧЕСКОМ И ОБОСНОВАННОМ РАСЧЕТАМИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОЧКОВ	58
ГЛАВА 5 ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОЧКОВ	62
5.1 Использование жидкокристаллических очков у пациентов без сенсорной фузии после оперативного исправления косоглазия	62
5.2 Использование жидкокристаллических очков у пациентов без сенсорной фузии после оперативного исправления косоглазия и лечения на синоптофоре	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
ВЫВОДЫ	92
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	94
ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	96

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Восстановление сенсорной фузии является одним из главных условий восстановления бинокулярного зрения у пациентов с косоглазием [6, 7, 25]. В настоящее время в клинической практике с этой целью чаще всего используют ортоптическое лечение на синоптофоре [53]. Относительными недостатками данного метода являются необходимость ежедневного посещения лечебного учреждения, искусственное разобщение полей зрения, предъявление разных тест-объектов для правого и левого глаза [25, 28].

В детской офтальмологии все чаще находят применение жидкокристаллические очки. Они используются для лечения амблиопии [97] и для восстановления бинокулярного и стереоскопического зрения [49].

В России одной из первых конструкций жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций были очки, предложенные Кащенко Т.П. и Григорян А.Ю. [19]. Однако данная конструкция жидкокристаллических очков не получила широкого распространения и использования.

Амблиопия – одно из состояний в детской офтальмологии, где после корректной оптимальной оптической или контактной коррекции в домашних условиях можно применять множественные разработанные девайсы [78, 80, 96, 103, 138, 144, 175, 176, 177]. В лечении амблиопии наибольшее распространение получила модель жидкокристаллических очков Amblyz [97]. Это очковая конструкция с жидкокристаллическими линзами, обеспечивающими окклюзию с заданной частотой одного из глаз. Очки позволяли без посещения лечебного учреждения проходить плеоптическое лечение в домашних условиях для повышения остроты зрения при амблиопии. В 2016 году И.Э. Азнауряном было предложено использовать технологию данных очков для ортоптического лечения с целью восстановления сенсорной фузии [10, 13, 14, 15]. Однако необходимо было

разработать методику попеременного разобщения взора для программирования данных очков, что легло в основу разработки промышленного образца жидкокристаллических очков Strabo [43]. Также необходимо было определить эффективность нового метода ортоптического лечения жидкокристаллическими очками по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

Степень разработанности темы исследования

В предыдущих единичных работах предложены методы восстановления сенсорной фузии у пациентов при врожденном и рано приобретенном косоглазии. Изучен вопрос восстановления сенсорной фузии посредством альтернирующего предъявления тест-объектов на синоптофоре, традиционно используемом для ортоптического лечения детей после хирургии косоглазия. При этом требуется решения проблема поиска более эффективного метода воздействия на зрительную систему, который позволит в большем количестве случаев восстанавливать сенсорную фузию и бинокулярные функции у пациентов после хирургии косоглазия.

При этом тема продолжает быть актуальной, так как нарушение сенсорной фузии влияет на качество реабилитации детей после хирургии косоглазия, особенно для детей с врожденным и рано приобретенным косоглазием. В связи с этим необходима разработка нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии, что определяет цель и задачи исследования.

Цель исследования

Разработка нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками и оценка его эффективности в сравнении с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

Задачи исследования

1. Разработать оригинальный метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии с использованием современных технологий, заключающийся в попеременном разобщении зрения жидкокристаллическими очками.
2. На основе метода видеоокулографии разработать способ индивидуального расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков для использования их в ортоптическом лечении для восстановления сенсорной фузии.
3. Сравнить эффективность ортоптического лечения жидкокристаллическими очками для восстановления сенсорной фузии с использованием предложенной формулы расчета частоты альтернирования по сравнению с эмпирическим программированием.
4. Сравнить эффективность предложенного метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.
5. Оценить клиническую эффективность нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками у детей, у которых традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре было неэффективным.

Научная новизна

1. Разработан оригинальный метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения зрения жидкокристаллическими очками у детей с косоглазием.
2. Разработан оригинальный способ определения оптимальных параметров частоты разобщения зрения жидкокристаллическими очками с целью персонализированного ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии.
3. Впервые определено, что длительность установочных движений глаза может влиять на эффективность восстановления сенсорной фузии при

ортоптическом лечении жидкокристаллическими очками с функцией попеременного разобщения взора.

4. Установлена более высокая эффективность нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

5. Впервые доказана эффективность нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения зрения жидкокристаллическими очками у пациентов, у которых традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре было неэффективным.

Теоретическая значимость работы

1. Разработан промышленный образец «Электронный окклюдер для глаз STRABO» (патент на промышленный образец RU 134057 S, приоритет от 03.02.2022; евразийский патент № 000418, приоритет от 02.06.2023 года).

2. Разработана методика определения времени установочного движения посредством использования методики видеоокулографии (патент RU 2 721888 C1, приоритет 25.12.2019 года).

3. Разработан метод восстановления сенсорной фузии с использованием индивидуального программирования жидкокристаллических очков (патент на изобретение RU 2 756662 C1, приоритет от 19.03.2021 года).

Практическая значимость работы

1. Разработанный новый метод ортоптического лечения восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками с использованием индивидуального программирования, обеспечивает более эффективное восстановление сенсорной фузии у пациентов с оперированным содружественным сходящимся косоглазием в послеоперационном периоде по сравнению с ортоптическим лечением на синоптофоре.

2. Доказана эффективность нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения зрения жидкокристаллическими очками у пациентов, у которых традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре было неэффективным.

3. Возможность ношения жидкокристаллических очков для ортоптического лечения пациентов детского возраста при косоглазии вне стен кабинетов охраны зрения детей и подростков, а также удобная конструкция очков обеспечивают оптимальные условия воздействия на зрительную систему и повышение эффективности реабилитационных мероприятий у пациентов с отсутствием сенсорной фузии за счет удобства ношения жидкокристаллических очков и возможности прохождения лечения в домашних условиях.

Методология и методы исследования

Исследования отечественных и зарубежных ученых, посвященные ортоптическому лечению и восстановлению сенсорной фузии, ее диагностике, клинической классификации, методам лечения являются теоретической основой настоящей работы. Изучение и обобщение данных литературы, оценка степени разработанности и актуальности темы позволили сформулировать направление исследования, в соответствии с которыми был разработан план выполнения всех этапов диссертационной работы. Принципы доказательной медицины стали руководящими при планировании дизайна и составили его методологическую основу. В ходе выполнения диссертации применялись общенаучные методы (метод анализа и синтеза, дедукции, наблюдения, сравнения, формализации) и специальные методы (офтальмологические, инструментальные и статистические методы исследования). Математическая обработка результатов проводилась с использованием современных компьютерных технологий.

Положения, выносимые на защиту

1. Новый метод ортоптического лечения, заключающийся в попеременном разобщении зрения жидкокристаллическими очками, обеспечивает эффективное

восстановление сенсорной фузии у пациентов детского возраста с оперированным содружественным сходящимся косоглазием.

2. Оптимальные индивидуальные параметры разобщения взора для персонализированного восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками возможно определить на основе использования метода видеоокулографии.

3. По сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре метод попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками обеспечивает более высокую эффективность восстановления сенсорной фузии у детей с оперированным содружественным сходящимся косоглазием.

Степень достоверности

Достоверность результатов исследования подтверждена достаточным количеством наблюдений (170 пациентов), использованием современных методов исследования, соответствующих поставленным целям и задачам. Подготовка, статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на XIV Всероссийской научной конференции с международным участием «Федоровские чтения» (Москва, 2017); совместной конференции Американской ассоциации детских офтальмологов страбизмологов и Китайской ассоциации детских офтальмологов страбизмологов (Шанхай, 2017); Международной оптической выставке MIOF (Москва, 2017, 2023); научной конференции офтальмологов с международным участием «Невские горизонты – 2018» (Санкт-Петербург, 2018, 2024); I Международной конференции офтальмологов страбизмологов STRABO 2019 «Новые технологии в диагностике и лечении глазодвигательной патологии» (Москва, 2019); конференции «Охрана зрения детей и подростков на рубеже веков. Путь длиной в 55 лет» (Москва, 2019); II Международном Московском Конгрессе офтальмологов страбизмологов «Новые технологии в диагностике и лечении

глазодвигательной патологии» (Москва, 2021); Международной политематической офтальмологической конференции «Ерошевские чтения 2022» (Самара, 2022); конференции Американской ассоциации детских офтальмологов и страбизмологов (Нью-Йорк, 2023); Международной конференции Египетской Ассоциации офтальмологов (Каир, 2023); конференции «Инновации в офтальмологической практике» (Астрахань, 2023); Ежегодном межрегиональном офтальмологическом Форуме «На волне офтальмологии» (Сочи, 2023, 2024); IX Байкальских офтальмологических чтениях «Традиции и инновации в офтальмологии» (Иркутск, 2024).

Апробация диссертации состоялась на заседании кафедр глазных болезней института профессионального образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и коллектива Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Самарская областная клиническая офтальмологическая больница имени Т.И. Ерошевского» (протокол № 2 от 20.09.2024 г.).

Внедрение результатов в практику

Рекомендации, разработанные на основании полученных в ходе диссертационного исследования результатов, внедрены в клиническую практику офтальмологической сети детских глазных болезней «Ясный Взор» (г. Москва). Материалы диссертации включены в программу обучения курсов повышения квалификации врачей-офтальмологов на базе Частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Ясный Взор».

Личный вклад автора

Диссертантом самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, разработан план и дизайн научной работы, собран материал исследования. Самостоятельно выполнено лечение жидкокристаллическими очками, включая их программирование, и

наблюдение пациентов с отсутствием сенсорной фузии, а также осуществлено внедрение результатов работы в реальную клиническую практику. Автором лично выполнены анализ и интерпретация клинических данных, а также статистическая обработка, сформулированы обоснованные выводы и разработаны практические рекомендации. Подготовлены в соавторстве публикации и доклады по теме диссертационной работы, сформированы все разделы диссертации.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.5. «Офтальмология (медицинские науки)» в области разработки методов профилактики заболеваний глаза и его придаточного аппарата.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них 5 – в журналах, рекомендованных ВАК, получено 4 патента РФ на изобретения (RU 2721888, RU 2756662, RU 134057 S, Евразийский патент № 000418).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 114 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы, посвященной характеристике материала и методов исследования, пяти глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы. Работа иллюстрирована 6 таблицами, 16 рисунками, 2 схемами. Список литературы насчитывает 179 библиографических источников, в том числе 64 отечественных и 115 зарубежных.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Онтогенез бинокулярного зрения

Развитие зрительной системы в норме характеризуется анатомо-морфологическими изменениями, в том числе ростом глазного яблока, увеличением диаметра роговицы, формированием зрительных путей в головном мозге [73, 76, 115, 124]. В первый год активно развиваются такие функции, как острота зрения [90] и контрастная чувствительность [106, 145]. Сенсорная фузия и стереоскопическая острота зрения активно формируются примерно в возрасте 3 месяцев [106, 121, 174].

Структура первичной зрительной коры (V1) формируется внутриутробно. Нейрогенез начинается примерно на 33-й день эмбрионального развития и завершается к рождению [89, 141, 145, 163]. Другие процессы развития коры, которые начинаются внутриутробно, продолжают после рождения. Экспрессия цитохромоксидазы, участвующей в восприятии изображения двумя глазами, присутствует на 26-й неделе беременности и представлена в виде отчетливо видимых «пузырей» к 24-му дню после рождения [106, 119, 165]. Новорожденные в возрасте 5–10 недель постнатальной жизни уже могут совершать вергентные движения для преодоления диспаратности изображений на сетчатке [76, 136, 163, 165].

Нейроны в субкортикальной и кортикальной структурах приобретают функциональные характеристики зрелых клеток [91, 123]. Информация от двух глаз объединяется на уровне первичной зрительной коры (V1) [147, 153]. Бинокулярные нейроны в V1 (т. е. нейроны, получающие и отвечающие на сигналы от двух глаз) обычно демонстрируют более сильный ответ на стимуляцию, поступающую от одного или другого глаза [165]. Многие бинокулярные функции развиваются в течение первого года жизни [73] после организации зрительной коры

в глазодоминантные колонки (группы нейронов с предпочтительным восприятием сигналов от определенного глаза), которые формируются под действием электрических и молекулярных сигналов [76, 90, 141]. Концепция глазодоминантных колонок была представлена новаторской работой Визеля и Хьюбела, выполненной на кошках в 1960-х годах [84, 114].

Глазодоминантные колонки одного глаза, представляющие фовеолу, в норме соединены с глазодоминантными колонками фовеолы противоположного глаза [115]. Соседние глазодоминантные колонки соединяются горизонтальными связями, что необходимо для формирования «бинокулярности» нейронов первичной зрительной коры и дает возможность восприятия стимулов от обоих глаз [165].

Длина аксона глазодоминантной колонки одинакова как в норме, так и при косоглазии. Экспериментально доказано, что горизонтальный аксон длиной около 7 мм может соединить глазодоминантные колонки, расположенные в области 2,5 градусов от него. Два горизонтальных нейрона из макулы могут объединить глазодоминантные колонки в районе 5 градусов (или 8,7 призмических диоптрий) [106]. Данный факт следует учитывать для понимания остаточного угла косоглазия, при котором возможна сенсорная фузия в естественных условиях, а, следовательно, и стереоскопическое зрение [100].

Причиной нарушения бинокулярного взаимодействия при косоглазии может быть уменьшение связей между глазодоминантными колонками правого и левого глаз в первичной зрительной коре и «супрессии» в каждом следующем ряду колонок с повышенным содержанием цитохромоксидазы в нейронах [106, 119, 124], что было доказано в экспериментах на обезьянах. То есть нейроны зрительной коры получают стимулы от обоих глаз, но фиксирующий глаз нейтрализует ответ от косящего глаза посредством ингибирования, что приводит к недоразвитию геникуло-кортикальных путей и межполушарных связей через мозолистое тело [95, 147, 173].

При этом хирургия косоглазия с достижением правильного положения глаз приводит к формированию связей между глазодоминантными колонками и

восстановлению метаболической активности, т. е. исчезновению «супрессии» [51, 77, 143].

Известно, что развитие одних функций зрительной системы зависит от гестационного возраста, например аккомодации и конвергенции, других – от постнатального возраста, таких как развитие кортикальной «бинокулярности» [85, 106, 145, 152, 163]. Поэтому у недоношенных детей могут начинать развиваться бинокулярные связи тогда, когда функции аккомодации и конвергенции не стабильны, что вызывает более частое проявление косоглазия у недоношенных детей [165].

При рождении рефлекс бификсации развит слабо, у ребенка наблюдаются только беспорядочные, несопряженные и бесцельные движения глаз [3]. Развитие оптомоторного зрительного рефлекса является постнатальным. В 2–3 недели ребенок начинает следить за светом, с 6 недель до 6 месяцев выполняет данное действие уже бинокулярно. Конвергенция, которая отсутствует при рождении, начинает развиваться в месячном возрасте и хорошо формируется к 6 месяцам [81, 82, 118, 152]. Развитие аккомодации отстает от развития конвергенции из-за задержки развития цилиарных мышц, но также формируется, как и конвергенция, к 6 месяцам. Электрофизиологические исследования показали, что младенцы могут различать диспаратность изображения в 2–5 месяцев [106], но мало что известно о развитии стереоскопической остроты зрения в возрасте от 6 месяцев до 3 лет, когда ребенок не может дать обратную связь в ответ на субъективные тесты [141]. Постепенное улучшение стереоскопической остроты зрения наблюдается вплоть до возраста 9 лет [73].

Таким образом, можно сказать, что у человека сенситивный период (временной диапазон, максимально благоприятный для развития) бинокулярного зрения начинается примерно в 4-месячном возрасте, достигает пика в 2 года, продолжается к 4-летнему возрасту и медленно прекращается к 9 годам. Следовательно, бинокулярное зрение находится под наибольшей угрозой в течение первых двух лет жизни ребенка. Его развитию может препятствовать любое нарушение в рефлекторном пути [73, 90, 149].

1.2 Бинокулярные функции человека в норме

Бинокулярное зрение – это объединенная деятельность сенсорных и моторных систем обоих глаз, обеспечивающая одновременное направление зрительных осей на объект фиксации, слияние монокулярных изображений этого объекта в один зрительный образ и локализацию его в соответствующее место пространства [12, 21, 25, 27, 41, 69, 174].

Бинокулярное зрение может быть:

1. Нормальным – это бинокулярное зрение, которое формируется при попадании изображений на корреспондирующие участки сетчатки при отсутствии отклонения глазного яблока [2, 25, 24].

2. Аномальным [6, 16, 173]. Данный вид относится к патологии бинокулярного зрения, подробнее будет описан в разделе 1.4.

Для нормального бинокулярного зрения необходимо:

1. Ровное положение зрительных осей, обеспечивающих восприятие зрительной информации корреспондирующими участками сетчатки [36].

2. Высокая острота зрения (не менее 0,4) [6, 152].

3. Сенсорное слияние – способность ретинокортикальных элементов функционально взаимодействовать друг с другом, что позволяет соединять два образа в один.

4. Моторное слияние – совместная работа глазодвигательных мышц обоих глаз при котором соответствующие ретинокортикальные элементы располагаются в положении, позволяющем воспринимать изображение именно корреспондирующими участками сетчатки [179].

5. Прозрачность оптических сред.

Восприятие изображений областью фовеа обеспечивает бинокулярное зрение. При этом фовеа является также ретиномоторным центром или ретиномоторной «нулевой точкой», то есть, когда изображение зрительного объекта находится в фовеа, у глаза нет стимула, побуждающего производить движение глаз [152, 167].

Для понимания сути бинокулярного зрения необходимо дать определение термина «корреспондирующие участки сетчатки» (идентичные или соответствующие) – это участки сетчатки, представляющие собой центральные ямки сетчаток или точки сетчатки, удаленные от центральных ямок на одинаковое расстояние в одном и том же направлении [35, 38], при раздражении которых объект воспринимается как одиночное изображение. То есть нормальная корреспонденция сетчаток проявляется, когда группа клеток сетчатки, располагающаяся назальнее от фовеа одного глаза, корреспондирует с группой клеток темпоральнее от фовеа противоположного глаза [172]. В случае, когда изображение попадает на некорреспондирующие участки сетчатки правого и левого глаза, у пациента формируется нецентральная фиксация, которая требует отдельного подхода и лечения [41, 134].

Функциональное развитие корреспондирующих точек сетчатки возникло в ответ на необходимость зрительной системы преодолевать двоение и видеть одиночное изображение двумя глазами [50].

Термин «гороптер» (horopter, горизонт зрения) был введен в 1613 году Агилонием [164]. Гороптер можно определить как пространство, где располагаются все объекты, воспринимаемые корреспондирующими участками сетчатки на определенном расстоянии.

Объект фиксации, расположенный на геометрическом гороптере Вейса-Мюллера, воспринимается как одиночный. Данная окружность проходит через точку фиксации и узловые точки обоих глаз. Таким образом, круг становится меньше по мере приближения к точке фиксации. Чем ближе объект фиксации, тем более строгое соответствие корреспондирующих участков сетчатки требуется для того, чтоб обеспечить одиночное видение. Следовательно, все точки, не располагающиеся на гороптере, отображаются разрозненными элементами на сетчатке и воспринимаются одновременно [112, 113]. Эта диплопия, вызванная расположением объекта сзади или спереди от окружности гороптера, а соответственно попаданием его изображения не на строго идентичные точки сетчаток, называется физиологической и чаще возникает уже при наличии

бинокулярного зрения [2]. Однако обычно такое двоение не ощущается. Это можно объяснить, опираясь на наличие зоны Панума, которая представляет собой узкую полосу вокруг гороптера. При восприятии объектов, расположенных в данном пространстве, они воспринимаются одиночными [65].

Таким образом, диапазон горизонтальных отклонений вокруг гороптера, в пределах которого раздражитель будет восприниматься как одиночный, известен как фузионная зона Панума.

Зона Панума наиболее узкая в точке фиксации и расширяется на периферии на 1–2 угловых минуты на градус эксцентриситета поля зрения. Таким образом, горизонтальная протяженность этой области невелика в центре (6–10 угловых минуты вблизи фовеа) и увеличивается к периферии (30–40 угловых минут в 12° от центральной ямки). Увеличение площади зоны Панума к периферии может быть связано с анатомическими и физиологическими различиями, которые существуют между моносинаптической системой колбочек в фовеа и системой палочек и колбочек на периферии. В фовеа каждая колбочка соединяется с отдельной ганглиозной клеткой, при этом в периферической области сетчатки уже группа фоторецепторов соединяется с одной ганглиозной клеткой. Количество колбочек, которые связаны с одним нервным волокном на периферии, достигает 100 и более.

При проекции изображений на назальные участки сетчатки возникает одноименное двоение, при проекции на темпоральные участки – перекрестное [50, 60, 61]. При возникновении перекрестной диспаратности ощущается большая близость расположения объектов, при назальной диспаратности – меньшая близость объектов [30, 33, 42, 50, 104].

Поэтому восприятие глубины связано с фовеальным зрением [113, 135]. Именно это явилось стимулом формирования бификсации и сенсорной фузии в саморегулирующуюся систему, чтобы избавить восприятие пространства от двойных образов. Необходимость фиксации изображений одновременно двумя глазами посредством корреспондирующих участков сетчатки связало сенсорную и моторную систему зрительного анализатора [142].

1.3 Фузия и стереоскопическое зрение как часть бинокулярной зрительной системы

Анатомической и физиологической основой бинокулярного зрения является содружественная работа корреспондирующих участков сетчатки. Данная функция становится возможной благодаря сенсорной и моторной фузии [44, 46, 172].

Движение глазных яблок регулируется работой шести экстраокулярных мышц. Их конечная роль состоит в том, чтобы перемещать зрительные оси глазных яблок на объект фиксации и удерживать данную фиксацию [151]. При возникновении микродвижений глазного яблока (микросаккады) зрительная ось глаза может отклониться от объекта фиксации, и изображение последнего выходит за пределы фузионного поля. Данное отклонение воспринимается как диплопия, и рецепторный аппарат отправляет в корковый центр зрительной системы сигналы обратной афферентации [160]. В корковом центре формируется эфферентное воздействие, при котором происходит сужение зрачка и напряжение аккомодации, за счет чего сохраняется резкость изображения на сетчатках. Фузионный оптомоторный рефлекс довершает акт конвергенции и обеспечивает точное направление на объект зрительных осей таким образом, что изображения ложатся на центральные ямки сетчаток обоих глаз [8, 129, 152, 158, 159]. Это приводит к возникновению корректировочного дрейфоподобного движения глаза, после которого изображение смещается в зону фузионного поля [2, 131]. 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 [55]. Раздражение проводится в корковые центры и вызывает возбуждение корреспондирующих кортикальных элементов, обладающих идентичными фузионными и пространственными свойствами [56]. Это приводит к одиночному восприятию

объекта и локализации его в пространстве. Удержание изображения объекта на центральных ямках сетчаток обеспечивается благодаря действию системы бификсации. Фузионное поле занимает пространство в 4–6 угловых минут в центральной ямке сетчатки. Поэтому при наличии бинокулярного зрения вокруг фузионного поля формируется рефлексогенная зона, которая отвечает корректировочным фузионным движениям при ее раздражении [1, 56].

Все глазодвигательные движения совершаются с целью придать глазам правильное положение и обеспечить попадание одинаковых изображений на корреспондирующие участки сетчатки, чтобы обеспечить фузию посредством глаз, головы, движений тела или изменения зрительного стимула. Сенсорные и моторные проводящие пути и их функции зависят друг от друга. Как фузия и стереопсис, так и координированные движения глаз находятся под контролем надъядерных структур [75, 127]. Все движения глаз (саккадические, следящие, вергентные, фиксирующие и ответ на вестибулярный сигнал) должны рассматриваться как компоненты бинокулярного зрения [22]. Координация деятельности всех звеньев механизма бинокулярного зрения осуществляется корковым интегративным центром [153].

Задача бификсации не только направить зрительные оси обоих глаз на предмет фиксации таким образом, чтобы корреспондирующие участки сетчатки получали одинаковое изображение, но и удерживать зрительные оси в данном положении [28]. Это удастся в определенных пределах схождения и расхождения зрительных осей. Эти пределы определяются фузионными резервами, и они характеризуют пространство, в котором возможна фузия. Положительные фузионные резервы определяются при конвергенции и составляют вдаль (с 6 м) и вблизи (с 0,33 м) 14 призм дптр и 38 призм дптр соответственно. Отрицательные фузионные резервы определяются при дивергенции и составляют вдаль и вблизи – 6 призм дптр и 16 призм дптр соответственно. Вертикальные резервы проявляются при отклонении глаза вверх или вниз и называются инфра- и супрафузионными резервами и составляют вдаль и вблизи 2,5 призм дптр и 16 призм дптр соответственно [2, 56].

В 1977-м году Аветисову Э.С. и Котлярскому А.М. удалось разработать методику контактной регистрации бинокулярных движений глаз, которая позволила по одновременной записи отдельных составляющих траекторий правого и левого глаза зарегистрировать поле бификсации, его размеры и определить элементы патологических смещений [5, 6]. Оно соответствует зоне слияния монокулярных изображений и характеризует фузионное поле. Чем дальше отклоняется зрительная линия одного из глаз от поля фиксации, тем больше возрастает возможность возникновения корректировочного движения глаза, возвращающего его на зрительную линию в поле бификсации. Таким образом, благодаря бификсации, представляющей собой саморегулирующуюся систему, осуществляется удержание объекта фиксации в пределах фузионного поля [7, 179].

Высшей ступенью бинокулярного зрения является стереоскопическое зрение [63, 93, 109]. Стереоскопическая картинка может быть создана двухмерными одинаковыми изображениями с горизонтальным смещением на каждом, которые представляются каждому глазу по отдельности, вызывая битемпоральную или биназальную диспаратность. Битемпоральная ретинальная стимуляция в зоне Панума дает стереоскопическое восприятие изображения дальше от объекта фиксации, биназальная ретинальная стимуляция – стереоскопическое восприятие изображения ближе от объекта фиксации. При этом стереоскопическое и глубинное зрение имеют различия, они не являются взаимозаменяемыми понятиями. Стереоскопическая острота зрения может быть исследована только в искусственных условиях при использовании специальных приборов и возможна только при бинокулярном восприятии [1, 22, 84, 94, 114, 117]. Глубинное зрение может быть исследовано в естественных условиях и монокулярно [113].

Большинство стереоскопических тестов представляют назальное смещение изображений для каждого глаза с использованием зелено-красных очков или поляризационных очков [112]. Стереоскопическое зрение определяется посредством измерения диспаратности изображения [127]. Угол диспаратности измеряется в угловых секундах [35]. Острота стереоскопического зрения в норме достигает 10–12'' и лишь при наличии индивидуальных способностей и в

идеальных условиях может приближаться к 2'', что считается пределом зрительной системы [63]. Стереоскопическое зрение зависит от остроты зрения, так как сниженное зрение на одном или двух глазах будет снижать остроту стереоскопического зрения. Межзрачковое расстояние также влияет на стереоскопическое зрение. Чем дальше расположены глаза друг от друга во фронтальной плоскости, тем больше угол визуальной диспаратности, то есть лучше стереоскопическое изображение [38, 63].

1.4 Бинокулярные функции при содружественном косоглазии

В структуре детской офтальмологической патологии косоглазие и нарушения бинокулярного зрения занимают важное место [6, 140, 156]. Содружественное косоглазие встречается у 1,5–2% детей. При возникновении косоглазия зрительная система и бинокулярные функции вынужденно перестраиваются, чтобы приспособиться к асимметричному положению глаз [2, 42, 178].

Опираясь на работы ряда исследователей [6, 7, 36], можно проследить связь между некоторыми особенностями постнатального развития зрительной системы и состоянием фузионной способности в зависимости от времени возникновения косоглазия. Доказано, что наличие функциональной скотомы тесно связано со временем возникновения косоглазия, что, вероятно, в свою очередь, связано со степенью зрелости коркового анализатора к моменту возникновения заболевания [4].

При косоглазии возникает диплопия, так как изображение в отклоняющемся глазу попадает на некорреспондирующий участок сетчатки [5, 42, 101]. Из-за необходимости зрительной системы адаптироваться к такому положению глаза возникает подавление функций отклоняющегося глаза, торможение, или «нейтрализация» изображения в косящем глазу [2, 27, 143]. Проявляется это в формировании функциональной скотомы. Ее отличием от истинных скотом, которые возникают при органических поражениях зрительной системы, является то, что функциональная скотома появляется лишь при двух открытых глазах и исчезает, если рассматривать объект монокулярно. У большинства больных при

содружественном косоглазии присутствует функциональная скотома как форма сенсорной адаптации, избавляющая от диплопии.

Одной из форм корреспонденции сетчаток, которая возникает при содружественном косоглазии, является аномальная корреспонденция сетчаток [49, 50, 53, 68, 115, 142]. Это происходит, когда фовеальная ямка одного глаза имеет общую зрительную ось с экстрафовеальной зоной на другом глазу. Это попытка восстановить бинокулярное зрение, которая не сопровождается наличием двоения, хотя и не физиологическая (поскольку корреспонденция является фовео-экстрафовеальной, а не фовео-фовеальной). Это приводит к тому, что глаза видят бинокулярно, несмотря на наличие косоглазия. Такой способ адаптации возникает при малых углах косоглазия, когда фовеа одного глаза анатомически и функционально слабо отличается от экстрафовеального участка противоположного глаза [2, 51]. Аномальная корреспонденция сетчаток представляет собой нейронную адаптацию к отклонению глаза, при котором некорреспондирующие точки сетчаток связываются в зрительной коре для обеспечения бинокулярного зрения [99]. Для аномальной корреспонденции сетчаток необходимо, чтобы в стриарной коре горизонтальные нейроны связывали глазодоминантные колонки правого и левого глаза, разделенные на расстояние в коре, пропорциональное углу косоглазия. Кортикальные связи, по-видимому, достигаются не за счет удлинения аксонов нейронов, а за счет образования цепочек нейронов с аксонами нормальной длины [155]. Достигать данного слияния зрительной коре удастся, когда разрыв, который необходимо преодолеть, составляет не более $4-5^\circ$ (8–10 призм дптр), или когда ретинотопическое расстояние в фовеальном поле зрения охватывает 2 нормальных нейрона V1.

Основная цель в лечении содружественного косоглазия – восстановление всех бинокулярных функций, в том числе фузии и стереоскопического зрения [12, 111, 116, 120, 122, 130, 155]. Поэтому в практической работе важное значение имеет изучение состояния фузионной способности, а также остроты стереоскопического зрения.

Измерение фузионных резервов может дать важную информацию для прогнозирования возможности достижения бинокулярного зрения [17, 151].

1.5 Клиническая классификация бинокулярных функций

Согласно федеральным клиническим рекомендациям [62], содружественное косоглазие по направлению отклонения косящего глаза разделяется:

- на сходящееся косоглазие (эзотропия) – отклонение косящего глаза к носу;
- расходящееся (экзотропия) – отклонение косящего глаза к виску.

По характеру отклонения глаза выделяют:

- одностороннее или монологатеральное косоглазие, когда постоянно косит один глаз;
- альтернирующее, когда попеременно косит то один, то другой глаз.

По степени участия аккомодации косоглазие бывает:

- аккомодационное;
- частично-аккомодационное;
- неаккомодационное косоглазие.

По продолжительности проявления косоглазие разделяется:

- на периодическое;
- постоянное.

Т.П. Кащенко сформировала клиническую классификацию, отражающую бинокулярные функции в условиях, близких к естественным и клинической классификации бинокулярных функций в условиях гаплоскопии (схема 1, 2).



Схема 1 – Клиническая классификация, отражающая биноккулярные функции в условиях, близких к естественным
(Т.П. Кашенко, 1979)



Схема 2 – Клиническая классификация бинокулярных функций в условиях гаплоскопии (Т.П. Кащенко, 1979)

1.6 Методы исследования бинокулярного зрения

Перенесение результатов гапლოსкопических исследований в условия, близкие к естественным, и наоборот, приводит к диагностическим ошибкам и противоречивым сведениям о частоте тех или иных феноменов при изучении бинокулярного зрения [128]. При оценке бинокулярных функций у больных косоглазием следует учитывать их состояние как в естественных или близких к ним условиях, так и в условиях гаплоскопии [6, 31, 78, 168]. Очевидно, что исследование характера бинокулярного зрения на гапლოსкопических приборах может дать лишь приближенное представление об его истинном состоянии, так как всегда имеет место большая или меньшая диссоциация нормальной координированной деятельности обоих глаз.

Гаплоскопия в любых ее проявлениях лежит в основе диагностических и лечебных методов страбизмологии [3, 137, 139]: механическом, световом с различной степенью плотности светофильтров, поляроидном, растровом, фазовом или временном [6, 67, 148]. Чем меньше степень диссоциации, тем в большей степени результаты исследования отражают закономерности существующей бинокулярной связи, именно поэтому различные методы несут в себе неравнозначную информацию.

При исследовании в условиях гаплоскопии выявляется способность к слиянию (фузионная способность) при пространственной локализации двух монокулярных изображений, которые искусственно проецируются на разные участки сетчатки [6, 52].

При разобщении фузии может быть выявлена фория. Разобщение может быть сенсорным и моторным. При сенсорном разобщении происходит нарушение схожести изображений (это может быть осуществлено, например, с помощью фильтров или тест-объектов). При наложении изображения происходит моторное разобщение (например, с использованием призм) [24, 74]. Когда у тест-объекта есть элемент, который воспринимается двумя глазами, то фория называется ассоциированной (например, при исследовании тест-объектами на сенсорное

слияние). Диссоциированной фория называется при отсутствии общих элементов для восприятия (например, при разобщении призмами во время теста Маддокса) [27, 40].

Отсутствие бинокулярного зрения при содружественном косоглазии не всегда сопровождается нарушением сенсорной фузии. Она может быть выявлена при проверке бинокулярных функций в условиях гаглоскопии. В других случаях выявляется функциональная скотома различного размера и локализации, а также в редких случаях нефовеальное слияние [2].

Аппаратно-программный комплекс «жидкокристаллические очки-компьютер» был предложен для исследования как бинокулярных функций, так и функциональной скотомы. При данном методе происходит фазовое (по времени) разделение полей зрения обоих глаз с частотой, которая превышает критическую частоту слияния мельканий. На экране компьютера создается стереоэффект за счет разделения изображений для правого и левого глаза [75]. Это позволяет получить информацию о бинокулярных функциях без использования дополнительного разделения полей зрения. Анализ полученных данных показал, что наличие функциональной скотомы зависит не от остроты зрения, а от наличия девиации, и при содружественном косоглазии имеет неправильную форму (неактивные участки разбросаны по всему полю зрения), что значительно снижает вероятность выявления таких скотом с помощью традиционного применения синоптофора, в отличие от методики «жидкокристаллические очки-компьютер» [18, 19]. При этом более полную информацию о сенсорной фузии и стереоскопическом восприятии можно получить при использовании метода альтернирующего предъявления зрительных стимулов с использованием различных режимов. Данная методика позволяет не только более точно определить характер и степень нарушений бинокулярных функций, но и выбрать оптимальный режим альтернирующего воздействия для последующего лечения [53].

Т.П. Кащенко предложила способ определения прочности фузии [25, 26]. Способность монокулярных изображений сливаться и устойчиво удерживать слияние, несмотря на воздействие разобщающих факторов, определяет прочность

фузии. Обоим глазам показывают изображения, одинаковые по величине, далее постепенно одно из них уменьшают до состояния, при котором фузия нарушается, то есть бинокулярное изображение распадается на две картинки. Разница в величинах изображений (то есть искусственно вызванная анизейкония), ведущая к расстройству фузии, измеряется в процентах и служит количественным критерием прочности последней. Предложенный способ предусматривает также определение прочности фузии в условиях нагрузки на глазодвигательный и аккомодационный аппарат. Для этого одновременно с предъявлением обоим глазам равных изображений и изменением величины одного из них до предела, вызывающего нарушение слияния, дополнительно вводят перед двумя глазами линзы возрастающей силы с различными призматическим и сферическим действием.

Т.П. Кащенко были получены результаты при исследовании устойчивости фузии, подтверждающие факт зависимости устойчивости фузии от состояния аккомодационной способности глаз, которая, как правило, ослаблена при начальной близорукости и является одним из патогенетических звеньев в ее возникновении [36].

При исследовании больных с косоглазием методом последовательных образов было выявлено, что слияние (совмещение) положительных последовательных образов в фазе затемнения наблюдается чаще, чем отрицательных. И наоборот, отсутствие совмещения двух последовательных образов с перекрестной локализацией выявляется чаще при наблюдении отрицательных, чем положительных последовательных образов [6, 23, 31]. Следовательно, при двух открытых глазах больше проявляет себя способность к локализации последовательных образов (отнесения их в пространство), в фазе же затемнения при двух открытых глазах чаще проявляется способность к слиянию.

Методика исследования на цветовом приборе Уорса основана на принципе разделения полей зрения с помощью анаглифов. Красный и зеленые фильтры очков и прибора обеспечивают эффект «гашения» красных изображений при рассматривании через зеленый фильтр, и наоборот [170, 171].

Выделяют следующие виды бинокулярного зрения по тесту Уорса:

1. Нормальное бинокулярное зрение – наличие одного общего объекта для двух глаз и трех объектов для правого и левого глаза (всего четыре объекта). Оно может быть устойчивым и неустойчивым (в последнем случае видны то четыре, то пять объектов из-за периодического двоения общего для обоих глаз объекта).
2. Монокулярное зрение – визуализируется только объект, принадлежащий правому глазу (два красных) или только левому глазу (три зеленых).
3. Одновременное зрение – одновременно визуализируются объекты для правого и левого глаза (всего пять объектов).
4. Асимметричное бинокулярное зрение – наличие одного общего объекта для двух глаз и трех объектов для правого и левого глаза (всего четыре объекта), но при этом присутствует угол косоглазия [56].

Тест Мэддокса позволяет определить угол косоглазия в максимально приближенных к естественным условиям [46].

Он проводится с использованием красной «палочки» Мэддокса, «креста» Мэддокса с вертикальной и горизонтальной измерительной шкалой и точечным источником света в центре креста. Исследование можно проводить на расстоянии от 1 до 5 м [44]. В более простой вариации используют точечный источник света, «палочку» Мэддокса перед одним глазом и призматические линзы перед другим глазом (рисунок 1). Если «палочка» Мэддокса располагается горизонтально, то пациент видит вертикальную красную полосу: при экзофории полоса проходит на стороне глаза, перед которым поставлен цилиндр Мэддокса (перекрестная локализация изображений от правого и левого глаза). Сила призматической линзы, которая компенсирует смещение полосы, определяет величину фории или тропии [44, 56].

Синоптофор позволяет определить наличие или отсутствие сенсорной фузии, амплитуду фузионных резервов, наличие функциональной скотомы и ее пространственную локализацию, тотальное торможение (подавление зрительного образа косящего глаза) или чередование указанных форм бинокулярного сенсорного сотрудничества [2, 31, 48].



Рисунок 1 – Пациент при проведении теста Мэддокса

Глубинное зрение для дали при содружественном косоглазии исследуют на аппарате Говарда – Долмана в модификации Литинского. Поперечная диспарация является первичным фактором восприятия глубины [104]. Бинокулярный порог глубинного зрения при содружественном косоглазии значительно выше, чем при нормальном бинокулярном зрении. Глубинное зрение тем лучше (порог его тем ниже), чем выше острота зрения косящего глаза [113]. Пороги бинокулярного глубинного зрения тем ниже, чем меньше угол косоглазия [6, 34].

Для человека с нормальным бинокулярным зрением бинокулярная глубина порога стереоскопического зрения в обычной среде в 10 раз лучше, чем при монокулярном зрении [23, 35, 100]. В ранних исследованиях доказано, что пациенты с лучшим стереоскопическим зрением реже попадают в дорожно-транспортные происшествия [25, 26, 105].

Выделяют контурные стереоскопические тесты, которые состоят из стереоскопических фигур с непрерывным контуром [35, 112, 117]. Титмус-стереотест является контурным стереоскопическим тестом и измеряет диспаратность от 3000 до 40 угловых секунд [38, 56]. Проводится с использованием

следующих тест-объектов: муха, круги и животные. Объекты рассматриваются с расстояния 40 см в поляризационных очках [56]. Пациенту необходимо «взять муху за крылья» или показать на круг или животное, которое кажется объемным, стереоскопическим [18]. У контурных стереоскопических картинок есть недостатки, связанные с возможностью монокулярного наблюдения за тест-объектом. При монокулярном наблюдении за фигурой пациент без стереоскопического зрения может идентифицировать какая фигура, возможно, является стереоскопической, потому что эта картинка будет горизонтально децентрирована. Также такая ошибка возможна у пациентов с альтернирующим косоглазием, когда они ложно определяют стереокартинку по «прыжку» фигуры. Эти пациенты, попеременно изменяя фиксирующий глаз, могут идентифицировать ложный стереоскопический тест-объект, который как будто «прыгает». Монокулярное определение тест-объекта возможно для изображений с большой диспаратностью. Первые три стереоскопических круга и первый ряд животных в Титмус-тесте могут быть идентифицированы за счет монокулярного зрения, но тест-объекты с меньшей диспаратностью сложны для определения с помощью монокулярного зрения [38, 56].

Рандомные (случайно-точечные) стереограммы состоят из поля со случайно разбросанными точками двух цветов, которые предъявляются каждому глазу отдельно через гаплоскопические приборы [35, 56]. Группа смещенных точек может принимать форму любой узнаваемой фигуры, например такой, как квадрат. Назально смещенный квадрат из точек стимулирует битемпоральные ретинальные точки и приводит к восприятию одиночного квадрата из точек [35].

TNO стерео тест основывается на технике случайных точек [92]. Тест выполняется через зелено-красные очки, которые сочетаются с оптимальной очковой коррекцией. Не пройденным тест считается, если пациент не видел хотя бы один из скрытых объектов. Острота определяемого стереоскопического зрения – от 480 до 60 угловых секунд [19].

Рандомные стереотесты имеют преимущество по сравнению с контурными (линейными) тестами, так как не дают возможности монокулярного определения

тест-объекта, и положительный ответ является индикатором стереоскопического зрения с редкими ложноположительными ответами [38, 56, 63, 66]. Но острота стереоскопического зрения может отличаться не только в зависимости от теста, который используют для его проверки, но также в зависимости от того, каким образом стереоскопические картинки предъявляются глазу. При исследовании остроты стереоскопического зрения пациентов, Рычковой С.И. были использованы обычные линейные стереограммы, а также случайно-точечные, которые предъявлялись по альтернирующей методике. Было доказано, что у всех пациентов с нормальным бинокулярным зрением стереоскопический эффект возникал при определенной частоте как с линейными, так и со случайно-точечными изображениями. При этом случайно-точечные стереоскопические тесты воспринимались при использовании более высокой частоты попеременного предъявления стимулов, чем простые линейные изображения. Также было показано, что большинство испытуемых с остаточным или непостоянным углом косоглазия воспринимали простые линейные стереоизображения при их попеременном предъявлении, хотя при использовании обычных стереоскопических тестов они показывали отрицательный результат. Однако для восприятия стереоскопического эффекта таким пациентам необходима была более высокая частота предъявления стимулов, чем обследуемым с нормальным бинокулярным зрением [50].

1.7 Способы восстановления сенсорной фузии

Для восстановления сенсорной фузии используются различные методики, которые проводят в кабинетах охраны зрения детей и подростков, и они направлены на восстановление совместной работы обоих глаз [132, 137, 160, 170]. Гаплоскопия – необходимый элемент для восстановления бинокулярного зрения [6, 39]. Гаплоскопия может быть жесткой, что реализовано в синоптофоре с помощью механического разделения полей зрения [2, 146]. Цветовое (цветные анаглифы) [3, 49] разделение используется при тесте Уорса, поляроидное

разделение полей зрения – при исследовании стереоскопического зрения, растровое разделение полей зрения – при исследовании с помощью стекол Баголини [16, 58, 72, 138, 150, 154] или теста Ланга [125]. Однако самым эффективным способом устранения функционального торможения косящего глаза и развития бифовеального слияния является альтернирующее [49, 51, 53, 54, 57, 59, 65, 83], а затем одновременное воздействие зрительных стимулов на центральные зоны сетчаток обоих глаз. К настоящему времени предложено несколько способов использования альтернирующего предъявления стимулов с целью устранения функционального торможения косящего глаза [9, 51, 56, 57]. Однако все вышеназванные способы не позволяют развивать фузионный рефлекс при постоянной диплопии или когда слияние изображений полностью отсутствует.

Применение методики альтернирующего предъявления зрительных стимулов С.И. Рычковой и В.Г. Лихванцевой (2019 год) в процессе исследования и лечения пациентов позволило установить, что самым эффективным режимом альтернирующего предъявления стимулов для устранения скотоми является режим с наличием пустого интервала, составляющего не менее 50 мс, между монокулярными фазами, составляющими также не менее 50 мс. В то время как режим альтернирующего предъявления стимулов с наличием пустого интервала при сочетании длительностей монокулярных фаз и пустого интервала в диапазоне от 30 до 60 мс создает наиболее благоприятные условия для возникновения стереозффекта [53]. В результате ортоптических упражнений с применением методики альтернирующего предъявления зрительных стимулов количество пациентов, способных к бифовеальному слиянию, увеличилось с 24,4 до 48,8%. При этом стереозрение по Fly-тесту появилось у 39% детей. У всех детей с амблиопией средней и слабой степени острота зрения повысилась в среднем с $0,23 \pm 0,01$ до $0,52 \pm 0,05$ и с $0,66 \pm 0,02$ до $0,93 \pm 0,01$ соответственно. Уменьшение угла косоглазия или полное устранение послеоперационной микродевиации отмечалось у трети обследованных детей [49]. Полученные результаты идентичны с результатами проведенного исследования Шарма П., где наблюдалось уменьшение

угла косоглазия с $5,7 \pm 4,0$ призматических диоптрий до $2,7 \pm 2,4$ призматических диоптрий для дали при проведении лечебных мероприятий на синоптофоре [157].

Восстановление бинокулярного зрения с помощью диплоптических процедур, которые основаны на разобщении полей зрения и формировании бинокулярных связей между правым и левым глазом, составляют фундаментальную основу восстановления бинокулярного зрения [3, 4, 29, 32, 38, 40, 98, 133]. В качестве новых методов диплоптического лечения, воздействующего на все уровни бинокулярного зрения, были предложены метод диплоптического лечения при содружественном косоглазии у детей по принципу разобщения аккомодации и конвергенции с использованием лазерных спеклов [17, 27] различной длины волны 530 нм и 650 нм с 0,33 м при поляроидной сепарации полей зрения, обеспечивающей контроль за бинокулярным слиянием, и метод диплоптического лечения по принципу разобщения аккомодации и конвергенции с использованием лазерных спеклов с длиной волны 650 нм при растровой сепарации полей зрения, обеспечивающей контроль за бинокулярным слиянием в различных зрительных рабочих зонах (0,33 м, 1 м, 3 м, 5 м). Оба этих метода показали высокие результаты при анализе эффективности восстановления бинокулярного зрения (55% и 71,4% соответственно), а также в улучшении показателей объема абсолютной аккомодации глаза, уменьшении анизоаккомодации, уменьшении или устранении остаточной девиации, понижении порога стереоскопического зрения [65, 179].

В.А. Коломиец предложил способ восстановления как бинокулярных функций у больных с монолатеральным и альтернирующим содружественным косоглазием, сочетающимся со стойкой скотомой подавления, так и нормосенсорных связей [31, 34]. Методика восстановления фузионной способности у больных с функциональной скотомой торможения осуществлялась на синотипном приборе, один из каналов которого являлся офтальмоскопическим. Благодаря конструктивным особенностям прибора прицельная монокулярная фотостимуляция осуществлялась под офтальмоскопическим контролем в безориентирном для пациента пространстве. В то же время фотостимуляция

парного глаза, фиксирующего центр тест-объекта, выполнялась через оптическую перископическую систему. Благодаря этому способу впервые стала возможной бинокулярная стимуляция в случае альтернирующего косоглазия. Результативность предложенного способа была исследована на 56 пациентах с монолатеральным и альтернирующим содружественным косоглазием со стойкой функциональной скотомой торможения в гаплоскопических и естественных условиях. Результаты применения данной методики показали восстановление способности к бифовеальному слиянию на синоптофоре у 68,3% детей, бинокулярное зрение в естественных условиях восстановилось у 21% детей с монолатеральным и у 31,6% с альтернирующим косоглазием [30, 33].

Упражнения на синоптофоре для формирования бифовеального слияния проводят путем попеременной световой стимуляции под объективным углом косоглазия по традиционной технике с использованием тест-объектов на слияние [5, 6, 8].

1.8 Использование жидкокристаллических очков в офтальмологии

Новые технологии активно внедряются в офтальмологию для решения вопросов эффективной реабилитации детей с различными глазодвигательными и рефракционными патологиями, такими как косоглазие и амблиопия [79, 108, 110, 162, 166].

Жидкокристаллические очки активно стали применяться в офтальмологии в начале 90-х годов прошлого века [102]. Их использовали для функционального лечения косоглазия в виде комплекса «жидкокристаллические очки-компьютер» для фазового разделения полей зрения при подборе очков [6, 19]. Проведены исследования с использованием жидкокристаллических очков у детей для лечения амблиопии, где была показана эффективность их применения по сравнению с использованием обычного окклюдера [97].

Новые технологии с использованием жидкокристаллических очков позволяют также лечить амблиопию не только у детей, но и у взрослых посредством видеоигры и технологии I-BiT (рисунок 2) [107, 169].



Рисунок 2 – Пример комплекса жидкокристаллические очки-компьютер.

Комплекс включает персональный компьютер, 3D-монитор, сенсорную клавиатуру, инфракрасный излучатель и очки с жидкокристаллическими линзами [2008, Blender Foundation, www.bigbuckbunny.org].

На данный момент наибольшую популярность в восстановлении зрительных функций у детей с косоглазием приобретает альтернирующий метод предъявления изображений [17, 18]. Было доказано, что альтернирующий способ предъявления стимулов положительно влияет на восстановление многих зрительных функций (остроты зрения, сенсорной фузии, стереоскопического зрения) у детей с остаточной микродевиацией [18]. Также различные режимы альтернирующего предъявления стимулов позволяют выявлять стереоскопическое зрение у пациентов с функциональными нарушениями бинокулярных функций при косоглазии [17].

1.8.1 Использование жидкокристаллических очков для восстановления бинокулярного зрения

Для повышения эффективности лечения пациентов с косоглазием использовали специальную конструкцию жидкокристаллических очков, разработанную ортоптистом Р. Chaumont (1980), и дополненную программным обеспечением, создающим условия не только монокулярного предъявления изображений то одному, то другому глазу, но и бинокулярного предъявления изображений. Они дают возможность проводить лечение чередуя монокулярную фазу (при открытом одном глазе) с бинокулярной фазой (в состоянии двух открытых глаз) [49, 86, 87, 88].

Жидкокристаллические линзы стали впервые использовать для закрытия правого и левого глаза с использованием специального режима. Изменение прозрачности линз происходило благодаря действию электрического тока [49].

Данное устройство состояло из корпуса, где находилась панель управления. Она соединялась электрическими проводами с жидкими кристаллами, которые расположены между двумя стеклами в очковой оправе. Линзы для правого и левого глаза разобщенно получали воздействие электрического тока, при этом продолжительность фазы, когда линза прозрачная, непрозрачная или затемняется и освещается одновременно (бинокулярно) можно было устанавливать самостоятельно или автоматически с шагом в 0,025 секунды (рисунок 3).



Рисунок 3 – Жидкокристаллические очки Р. Chaumont (2001)

При лечении сначала программируют очки на монокулярное альтернирование с постепенным уменьшением длительности монокулярных фаз, а затем режим с бинокулярной фазой между монокулярными, с постепенным ее увеличением.

За счет плавного регулирования ритма и длительности предъявления изображения монокулярно для каждого глаза и бинокулярно для обоих глаз нейроны зрительных центров, которые отвечают за поступление монокулярных и бинокулярных сигналов, активируются. Следом за ними начинают активно работать бинокулярные нейроны. Результатом лечения является уменьшение угла косоглазия и формирование бинокулярного зрения, что удается за счет развития фузионного рефлекса, а также развития механизма бификсации [42]. Жидкокристаллические очки данной конструкции были успешно применены для лечения врожденного содружественного косоглазия у группы пациентов в возрасте 2–3 лет [57]. В ходе сравнительного анализа эффективности лечения групп пациентов, прооперированных по поводу содружественного косоглазия, методами бинариметрии и «жидкокристаллические очки-компьютер» было выявлено улучшение показателей зрительных и бинокулярных функций в обеих группах. В группе, где применялся метод «жидкокристаллические очки-компьютер», выявлено достоверное повышение остроты зрения, уменьшение остаточной девиации, улучшение характера зрения, а также высокий процент пациентов с выработанным стереозрением. Однако достоверного улучшения показателей глубинного зрения, аккомодации, фузионных резервов в данной группе отмечено не было, в отличие от пациентов второй группы, пролеченных методом бинариметрии. Тем не менее доля пациентов с выработанным стереоскопическим зрением во второй группе была значительно ниже, чем в первой, вероятно из-за того, что сенсорный и моторные компоненты восприятия активно восстанавливались под воздействием бинариметрии. При этом метод «жидкокристаллические очки-компьютер» влияет в большей степени на сенсорную фузию [49, 56].

Предъявление альтернирующих стимулов также возможно при использовании аппаратно-программного комплекса «Капбис-1». Это устройство, которое состоит из генератора электрических стимулов, соединенных с жидкокристаллическими очками, а также дискеты с программой стандартного IBM-совместимого персонального компьютера. Попеременное открытие и закрытие правого и левого глаза было возможно из-за электрических импульсов, подаваемых от генератора на очки. Частота альтернирования составляет 80 Гц.

На экране компьютера появляется тест-объект для правого и левого глаза в раздельности, синхронно с переключением пластин очков.

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

Зрительные тренировки с использованием жидкокристаллических очков (при аметропиях жидкокристаллические очки надевают поверх своих) проводят с расстояния 60 см от монитора компьютера. Врач, предварительно проинструктировав пациента о правилах и целях лечения, запускает специальную программу, которая предлагает тренировки как с плоскими изображениями, так и с трехмерными. Выбор типа изображения зависит от стадии лечения и индивидуальных особенностей пациента к стереоскопическому восприятию. Трехмерная версия программы содержит 10 уровней сложности, каждый из которых характеризуется определенной степенью диспаратности. Диспаратность варьируется от 60 угловых минут на начальных уровнях до 2,5 угловых минут. Уменьшение диспаратности постепенно увеличивает нагрузку на систему бинокулярного зрения, требуя все более точного слияния изображений для создания целостного трехмерного восприятия. На экране отображаются динамические сюжетные картинки, создающие вовлекающую игровую среду. В типичном сценарии пациент управляет «летающей тарелкой» с помощью компьютерной мыши, перемещая ее в пространстве, чтобы поразить неподвижную «цель». Попадание в цель сопровождается звуковым сигналом, что обеспечивает

немедленную положительную обратную связь. Программа регистрирует каждое попадание, отображая количество набранных баллов, что позволяет отслеживать прогресс и мотивирует пациента к улучшению результатов. Однако не только точность попадания является критерием успешности. Программа также анализирует время реакции пациента, точность наведения «летающей тарелки» и устойчивость бинокулярного слияния. Эта информация используется врачом для оценки эффективности тренировки и корректировки программы в соответствии с индивидуальными потребностями пациента. Помимо стандартных упражнений с «летающей тарелкой», программа может включать в себя другие виды интерактивных заданий, например сопоставление объектов по размеру и расстоянию, поиск скрытых объектов в трехмерном пространстве. Разнообразие заданий необходимо для всестороннего развития зрительных функций и предотвращения адаптации зрительной системы к однотипным стимулам. Результат определяется набранными баллами. Как правило, выполняется 2 курса по 10 занятий длительностью 15–20 минут с перерывом между курсами 1,5–2 месяца.

Благодаря появлению автономных жидкокристаллических очков с возможным альтернирующим характером стало возможно лечение пациентов с нарушением сенсорной фузии после косоглазия [57].

Представленные данные определяют перспективы последовательного использования данных методик в процессе реабилитации пациентов с содружественным косоглазием в послеоперационном периоде [53].

1.9 Движения глазного яблока и методы их исследования

Изучение природы движения глаза является одним из важных направлений в офтальмологии, особенно в практике офтальмолога страбизмолога.

Саккады – это движения глаз, направленные на то, чтобы расположить глазное яблоко таким образом, чтобы спроецировать объект в фовеальную зону [64]. Механизм саккад лежит в основе большинства глазодвигательных процессов.

Саккады отличаются друг от друга в том числе и по времени возникновения в процессе филогенеза, и по структурам, которые оказываются задействованными в процессе их выполнения [126]. Составление последовательности саккадических движений происходит от наиболее древних и рефлекторных до более произвольных. Поскольку на сетчатке есть слепое пятно, являющееся местом выхода из глаза зрительного нерва, саккады позволяют рецепторам, расположенным рядом со зрительным нервом, подвергаться воздействию зрительной информации, а это означает, что слепое пятно не остается «слепым» в течение длительного времени [161].

На сегодняшний день существует множество видов и методик исследования движения глаз. История данного вопроса берет начало со второй половины XIX столетия с целью изучить деятельность мозга посредством анализа и регистрации движения глаза.

Термин «саккада» был введен в 1880-х годах французским офтальмологом Эмилем Жавалем, который для наблюдения за движениями глаз во время чтения применял зеркало [37]. В ходе проводимых экспериментов Жавалем было выявлено, что движения глаз неоднородны и представляют череду различных движений. Позднее, в начале XX века, ученые Л.Н. Гассовский и Н.А. Никольская применяли микроскоп при изучении мелких движений глаз в сочетании с увеличивающими линзами. Некоторыми авторами положение центра вращения глаза исследовалось посредством наблюдения за вершиной роговицы при помощи специальных оптических инструментов. Активный поиск наиболее оптимальной методики проходил через этапы механической записи движений глаз, записи движений глаза отраженным пучком света, применения фото- и видеосъемки, фотоэлектрических методик, электроокулографии, а также опытов с присосками различных конструкций [64].

Было выявлено, что саккады являются одними из самых быстрых движений, производимых человеческим телом (мигание может достигать еще более высоких пиковых скоростей). Пиковая угловая скорость глаза человека во время саккады достигает 900 °/с.

Помимо саккад также были описаны микросаккады, являющиеся подтипом саккадических движений глаз. Они примерно на 15 угловых минут короче по сравнению с обычными саккадами (15 угловых минут поля зрения примерно равны ширине одного символа текста на расстоянии вытянутой руки) [6].

При этом стоит отметить, что до момента, когда глазное яблоко начинает производить движение, существует латентное время – это время от предъявления стимула до начала движения глаз. Оно необходимо для обработки поступающей зрительной информации, определения значимости стимула и необходимости инициации движения, программирования самого движения, и измеряется в миллисекундах (мс).

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы исследования

Было проведено исследование и лечение 170 пациентов в возрасте от 3 до 11 лет (средний возраст составил $5,7 \pm 1,8$ года) с содружественным сходящимся косоглазием, остаточным углом от 0 до 10 градусов и с отсутствием сенсорной фузии, которая была определена на синоптофооре.

Все пациенты были с остаточным углом не более 10 градусов после операции по поводу содружественного сходящегося косоглазия, проведенной по технологии малотравматичной хирургии с использованием программы математического моделирования StraboSoft.

Критериями включения были возраст от 3 до 11 лет, с объективным углом косоглазия при измерении на синоптофоре не более 10° , гиперметропическая рефракция до 5 дптр по сферозэквиваленту и астигматизм не более 2,0 дптр. Критерии исключения: амблиопия средней и более высоких степеней; наличие серьезной сопутствующей офтальмологической патологии, вертикальное косоглазие более 3 градусов и циклотропия, которые были выявлены на синоптофоре и при проведении теста Мэддокс.

Все законные представители несовершеннолетних пациентов подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Объем и структура клинических исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Объем и структура клинических исследований

Объем исследования	Группа пациентов		Всего
	Очки	Синоптофор	
Разработка нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками (глава 3)	24		24
Сравнение эффективности нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии при эмпирическом и обоснованном расчетах программировании жидкокристаллических очков (глава 4)	39*		39*
Использование нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками у пациентов после оперативного исправления косоглазия (глава 5, раздел 5.1)	46	53	99
Использование нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками у пациентов, у которых традиционное лечение на синоптофоре было неэффективным (глава 5, раздел 5.2)	43	86**	86**

Примечание: * – включая 18 пациентов, прошедших исследование, описанное в 3 главе; ** – включая 43 пациента, получавших оба вида лечения (сначала на синоптофоре, а затем с помощью жидкокристаллических очков).

В разделе 3.1 и 3.2 представлены данные 24 пациентов, на которых новый метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками разрабатывался и отрабатывался.

В главе 4 представлены данные 39 пациентов, включая 18 пациентов, прошедших исследование, описанное в 3 главе, у которых сравнивали влияние разных методик программирования жидкокристаллических очков на результат восстановления сенсорной фузии. Эмпирическую группу, у которых программировали жидкокристаллические очки на 2 Гц, составил 21 пациент.

Расчетную группу, которым программировали очки после проведения видеоокулографии и определения установочных движений, составили 18 человек.

В разделе 5.1 представлены данные 99 пациентов, у которых проводили сравнение двух методов ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии. Контрольную группу составили 53 пациента, которые проходили лечение на синоптофоре (группа «Синоптофор»), основную группу (группа «Очки») – 46 пациентов, получавших ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками.

В разделе 5.2 представлены данные 86 пациентов. Все эти пациенты проходили ортоптическое лечение сначала на синоптофоре (группа «Синоптофор-2»). Из них 43 пациента, проходили лечение жидкокристаллическими очками после неудачных курсов ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии на синоптофоре (группа «Очки-2»).

2.2 Методы исследования

Все пациенты были обследованы с использованием общепринятых и специальных методов исследования.

2.2.1 Общепринятые (традиционные) 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 № 442н с изменениями от 27 июля 2020 года).

Определение остроты зрения проводили в монокулярных условиях с 5 метров с использованием проектора знаков Huvitz ССР-3100 (Корея) без предварительной коррекции, в оптимальной оптической коррекции и в своей коррекции (при наличии).

Аutoreфрактометрию выполняли при помощи autoreфрактометра «NIDEK» (Япония) до и после циклоплегии тропикамидом 1%.

Биомикроскопию проводили на щелевой лампе «NIDEK» (Япония). В процессе исследования проводили осмотр состояния роговицы, хрусталика, а также стекловидного тела.

Обратную офтальмоскопию проводили с использованием бесконтактной линзы 60 дптр «Volk Optical» (США). В процессе исследования проводили осмотр структур глазного дна – диска зрительного нерва, макулярной зоны, а также периферических отделов сетчатки.

2.2.2 Специальные методы исследования

Пациентам проводилось исследование объективного и субъективного угла на синоптофоре СИНФ-1, определение бинокулярного зрения по тесту Уорса, исследование движения глазного яблока во время установочных движений с использованием видеоокулографа Gazelab (BCC Innova, Spain), по показаниям проводились оптическая когерентная томография (Cirrus HD ОКТ, Carl Zeiss, Германия), исследование зрительно вызванных потенциалов и элетроретинографии.

Методика исследования угла косоглазия на синоптофоре

Объективный угол косоглазия (ОУ) определяли на синоптофоре. Тест-объекты в правом и левом глазу попеременно подсвечивали и следили за наличием установочных движений глаз и меняли положение тубуса синоптофора кнутри или кнаружи, чтобы выявить расположение, где будет выявлено отсутствие установочных движений глаз во время переключения подсветки. Величину ОУ определяли в градусах по шкале прибора.

Субъективный угол косоглазия (СУ) исследовали при смене положения тубусов, уточняя наличие у пациента слияния тест-объекта для правого и левого глаза в единое изображение. Положение, при котором возникало 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.

Наличие вертикального компонента как при определении объективного, так и при проведении субъективного угла косоглазия определяли следующим образом: если глаз совершал не только горизонтальные установочные движения, но и вертикальные, то уточняли у пациента, какое изображение кажется выше или ниже относительно второго изображения и поднимали или опускали тест-объект до момента прекращения установочных движений в вертикальном направлении.

Состояние корреспонденции сетчаток определяли на основе классификации Т.П. Кащенко (1979).

Методика исследования бинокулярного зрения по тесту Уорса

Характер зрения исследовали на четырехточечном цветотесте Уорса. Исследование проводили с расстояний 5 м, 0,5 м, 33 см. Пациент должен был ответить какое количество объектов он видит и определить их цвета. Исследование выполняли с оптимальной оптической коррекцией и без коррекции. Результаты исследования интерпретировали согласно данным, описанным в главе 1.6.

2.2.3 Статистические методы исследования

Результаты исследования обрабатывались на персональном компьютере методами математической статистики с применением программ Excel (Microsoft, США) и Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc., США). Оценка нормальности распределения выборки обследуемых детей проводилась с использованием критериев Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's test) и Колмогорова-Смирнова. Для описания распределения использовались среднее арифметическое, стандартное отклонение, ошибка среднего, медиана, процентиля. 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 Уилкоксона. Статистически значимым считали уровень $p < 0,05$.

2.3 Методы лечения

2.3.1 Методика ортоптического лечения на синоптофоре

Схема лечения включала восстановление способности к бифовеальному слиянию. Для этого оптические головки синоптофора устанавливали соответственно объективному углу косоглазия и использовали тест-объекты на слияние. Проводили лечение с использованием «раздельного» режима мигания с частотой 8 Гц. Ортоптическое лечение на синоптофоре путем попеременного предъявления тест-объектов для слияния под объективным углом косоглазия проводили по данной методике курсами по 10 дней каждые 3 месяца (всего 3–4 курса). Успешным результатом лечения считался при способности пациента сливать равноконтурные тест-объекты, которые имеют одну деталь на каждой, отличающейся от другого тест-объекта, с восприятием единого изображения с наличием обеих деталей сразу. Лечение продолжалось в течение 12 месяцев.

2.3.2 Методика диплоптического лечения

Для восстановления бинокулярного зрения у пациентов после формирования сенсорной фузии использовались следующие методики диплоптического лечения:

1. Восстановление рефлекса бификсации.
2. Релаксационно-нагрузочный метод.
3. Развитие моторной фузии посредством призмы переменной силы.

Все лечебные процедуры проводили на приборе исследования остроты зрения для близости (ПОЗБ-1) (рисунок 4).

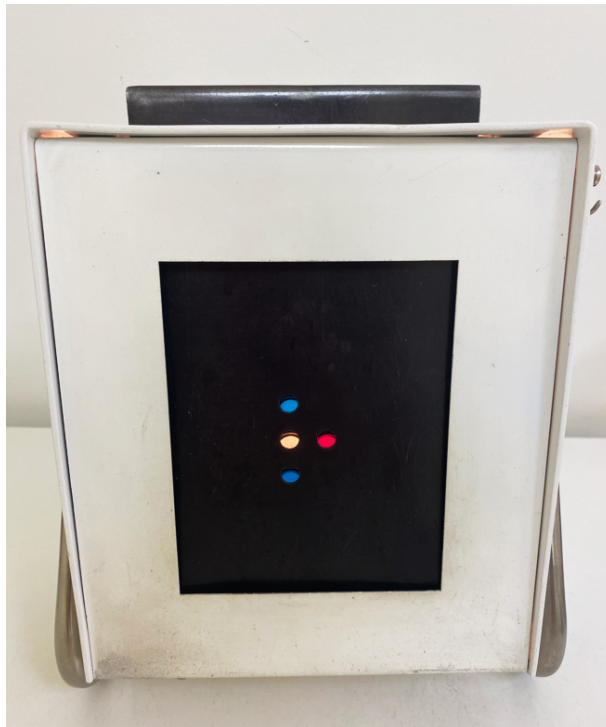


Рисунок 4 – Прибор для измерения остроты зрения вблизи

Восстановление рефлекса бификсации

В качестве оптотипа использовалась вертикальная палочка. Лечение проводили в темном кабинете, при включении прибора палочка светилась белым светом на черном фоне. Пациенты проходили лечение в своей оптической коррекции (при наличии). К глазу, указанному в курсе лечения, приставляли призматическую линзу 8 дптр, что приводило к раздваиванию вертикальной палочки. Далее попеременно приставляли к глазу линзы 2, 4, 6 призматических дптр в течение 2 минут каждую. При этом палочка раздваивалась, и пациента просили слить двойное изображение в единый образ. Успешным считалось умение пациента слить двойные образы в единую картинку. Лечение проводилось 10 дней.

Релаксационно-нагрузочный метод

В качестве оптотипа использовали четыре круга (один белый, два зеленых и один красный). Лечение проводили в темном кабинете, при включении прибора палочка и круги светились обозначенными выше цветами на черном фоне. Пациенты проходили лечение в своей оптической коррекции (при наличии). Дополнительно в очковую оправу устанавливали красную линзу на правый глаз,

зеленую линзу на левый глаз. В гнезда для очковых линз устанавливали линзы из набора стекол от +4,0 до -4,0 с шагом в 0,5 дптр. При смене линз происходило двоение белого круга, задачей пациента было успешно слить два круга в один. Лечение проводилось 10 дней.

Развитие моторной фузии посредством призмы переменной силы

В качестве опто типа использовалась вертикальная палочка. Лечение проводили в темном кабинете, при включении прибора палочка светилась белым светом на черном фоне. Пациенты проходили лечение в своей оптической коррекции (при наличии). Для указанного в курсе лечения глаза в пробную оправу помещали призмальный компенсатор с расположением призм таким образом, что сила призмального компенсатора равнялась 0 призматических диоптрий. Далее проводили вращение ручки призмального компенсатора по часовой стрелке, усиливая силу призматической коррекции, происходило двоение опто типа, и пациента просили слить двойное изображение в единую картинку. Лечение проводилось 10 дней.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПУТЕМ ПОПЕРЕМЕННОГО РАЗОБЩЕНИЯ ПОЛЕЙ ЗРЕНИЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОЧКАМИ

3.1 Разработка метода восстановления сенсорной фузии

Для разработки метода восстановления сенсорной фузии нами были взяты жидкокристаллические очки Amblyz (США), которые представляют собой жидкокристаллические линзы, встроенные в оправу (рисунок 5). Очки были разработаны производителями для лечения пациентов с амблиопией, поэтому изначально программировались на заданную длительность, осуществляя монокулярную окклюзию лучше видящего глаза.



Рисунок 5 – Очки Amblyz (XPAND) для лечения амблиопии

Нами была разработана программа для персонального компьютера, позволяющая осуществлять попеременное разобшение взора с помощью жидкокристаллических очков Amblyz. Данная программа дает возможность в

индивидуальном порядке программировать очки пациентам на заданную частоту (Гц), что обеспечивает осцилляцию жидкокристаллических линз. В последующем на основании технологии данных очков были разработаны очки STRABO [20, 43] с программой для персонального компьютера, которые использовались для восстановления сенсорной фузии у пациентов после хирургического лечения содружественного сходящегося косоглазия (рисунок 6). Очки получили Регистрационное удостоверение на медицинское изделие № РЗН 2024/22979.



Рисунок 6 – Жидкокристаллические очки Strabo

3.2 Исследование установочных движений глаза у пациентов без сенсорной фузии для определения параметров программирования жидкокристаллических очков

Жидкокристаллические очки посредством программы на персональном компьютере могут быть запрограммированы на любую частоту альтернирования, обеспечивая попеременное разобщение взора правого и левого глаза.

Необходимо было определить частоту альтернирования, на которую нужно запрограммировать жидкокристаллические очки для пациента для проведения ортоптического лечения с целью восстановления сенсорной фузии. Для это мы использовали функцию видеоокулографии на аппарате Gazelab (BCC Innova,

Испания) (рисунок 7). Задачей видеоокулографии было определение времени, достаточного для перехода глазного яблока в положение ортотропии после прикрывания парного глаза (совершения установочного движения при cover-test).



Рисунок 7 – Видеоокулограф Gazelab (BCC Innova, Испания)

На записи окулограммы установочное движение представляет собой изменение направления кривой относительно изолинии с восходящим или нисходящим трендом до момента перехода в параллельное изолинии направление. На рисунке 8 представлен пример записи установочного движения глазного яблока с применением теста с прикрыванием – установочное движение представляет собой изменение направления кривой относительно изолинии с нисходящим трендом до момента перехода в параллельное изолинии направление (рисунок 8). Желтая вертикальная линия – это момент времени, который соответствует перемещению окклюдера с одного глаза на другой. Промежуток изолинии от желтой вертикальной линии до начала установочного движения – это латентный период.

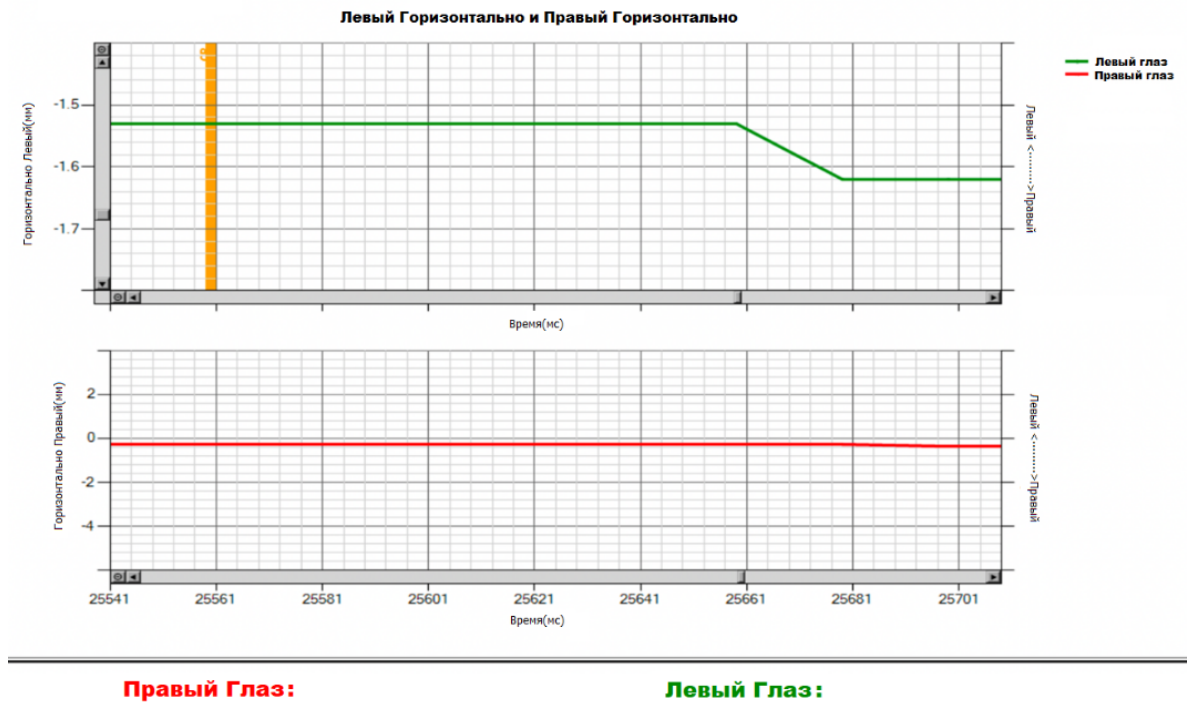


Рисунок 8 – Запись установочного движения глазного яблока у пациента 6 лет после операции по поводу содружественного сходящегося альтернирующего непостоянного косоглазия (угол по Гиршбергу – 0° , синоптофор – объективный угол 2°). Длительность установочного движения равна 20 мс (1 малое деление по горизонтали равно 4 мс), длительность латентного периода 100 мс

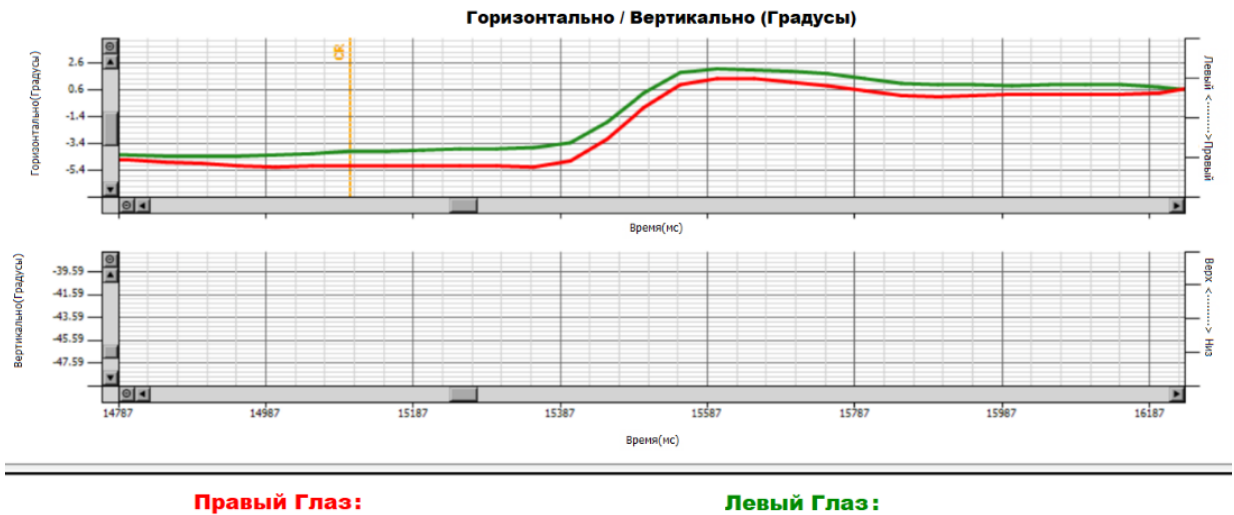


Рисунок 9 – Запись установочного движения глазного яблока у пациента 4 лет после операции по поводу содружественного сходящегося альтернирующего непостоянного косоглазия (угол по Гиршбергу – 5° , синоптофор – объективный угол 4°). Длительность установочного движения равна 200 мс (1 малое деление по горизонтали равно 40 мс), длительность латентного периода 280 мс

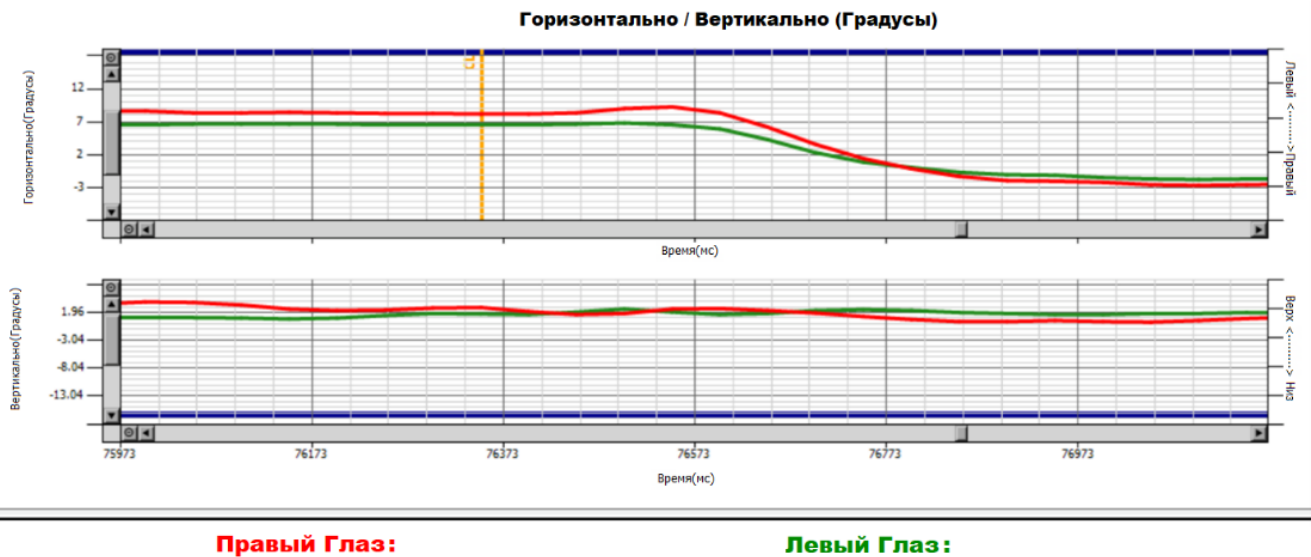


Рисунок 10 – Запись установочного движения глазного яблока у пациента 7 лет после операции по поводу содружественного сходящегося монолатерального (OD) косоглазия (угол по Гиршбергу – 0° , синоптофор – объективный угол 5°).

Длительность установочного движения равна 280 мс (1 малое деление по горизонтали равно 40 мс), длительность латентного периода 220 мс

Разработанный нами способ определения частоты альтернирования жидкокристаллических очков для восстановления сенсорной фузии зарегистрирован и запатентован [47].

Длительность установочного периода составляла длительность непосредственно самого установочного движения вместе с латентным периодом.

3.3 Формула расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков

Жидкокристаллические очки требуют индивидуального программирования частоты попеременного разобобщения. Они подключались через USB-вход или Bluetooth к персональному компьютеру, где в разработанной Азнауряном И.Э. программе выставлялась частота необходимой альтернации жидкокристаллических линз для каждого пациента. Данный USB-вход может быть

использован также для зарядки очков. Жидкокристаллические очки встроены в удобную оправу, которая обеспечивает возможность использовать при необходимости оптическую коррекцию. Очки могут быть запрограммированы на гармоническую и на не гармоническую частоту осцилляций [45].

В исследование сплошным методом были включены 24 пациента с отсутствием сенсорной фузии при исследовании на синоптофоре, которых ранее прооперировали по поводу содружественного аккомодационного или неаккомодационного сходящегося косоглазия, наблюдавшиеся в клиническом объединении центров охраны зрения детей и подростков «Ясный Взор» в период с 2014 по 2016 годы. Все пациенты были в состоянии ортотропии после оперативного лечения косоглазия.

Средний возраст пациентов составил $5,1 \pm 1,6$ года (от 3 до 9 лет), среди них 10 мальчиков и 14 девочек. Рефракция по сферозэквиваленту составляла $2,74 \pm 0,93$ дптр ($0,75$ – $4,50$ дптр). Возраст выявления косоглазия $17,8 \pm 4,6$ месяца (9 – 24 месяца). Пациентам была выполнена операция рецессии внутренней прямой и складки наружной прямой мышцы или глубокой рецессии внутренних прямых мышц (в зависимости от угла косоглазия). Выполняли операцию на чаще косящем глазу по малотравматичной методике с использованием математического расчета дозирования хирургии косоглазия Strabo, используемой в сети детских глазных клиник «Ясный Взор». Объективный остаточный угол после операции, измеренный на синоптофоре, составил $3,25 \pm 1,94$ градуса (от 0 до 6 градусов). Случаев гиперэффекта не было. В повторных вмешательствах пациенты не нуждались.

Задачей видеоокулографии было определение времени, достаточного для перехода глазного яблока в положение ортотропии после прикрывания парного глаза (совершения установочного движения при тесте с прикрыванием, cover-test), а также длительности латентного периода – времени, необходимого для «осознания» глазодвигательными мышцами необходимости совершить установочное движения для обеспечения восприятия изображения центральной зоной сетчатки.

После измерения на видеоокулографе длительности установочного движения глазного яблока t_1 (мс) и латентного периода t_2 (мс) рассчитывали максимальную частоту альтернирования ν в Гц по формуле:

$$\nu = 500 / [(t_1 + t_2) + 40]. \quad (1)$$

Для расчета по формуле берется бóльшая длительность установочного движения из двух глаз и больший период латентности установочного движения глазного яблока из двух глаз.

40 мс – минимальное время, необходимое для визуализации между альтернированиями. Указанное минимальное время определено на основе известных условий просмотра кинофильмов, предполагающих частоту 24 кадра в 1 с, и допускающих введение 25-го кадра, что соответствует длительности одного кадра 40 мс.

Данная формула позволяет осуществить программирование частоты альтернирования жидкокристаллических очков. Режим ношения очков определяется индивидуально и обычно составляет от 6 до 12 месяцев по 4–8 часов в день.

Бóльшая (из двух глаз) длительность установочного движения в исследовании в среднем составила $93,8 \pm 14,4$ мс (от 70 до 120 мс). Бóльшая (из двух глаз) длительность латентного периода в исследовании в среднем составила $387,5 \pm 68,8$ мс (от 280 до 600 мс). Частота альтернирования, рассчитанная по формуле (1), которая в дальнейшем была использована для программирования жидкокристаллических очков, в среднем составила $1,0 \pm 0,1$ (от 0,69 до 1,22) Гц.

Таким образом, была разработана методика программирования частоты альтернирования жидкокристаллических очков на основе определения длительности установочного движения глазного яблока для проведения ортоптического лечения с целью восстановления сенсорной фузии у пациентов детского возраста после хирургического лечения содружественного сходящегося косоглазия.

ГЛАВА 4

СРАВНЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПРИ ЭМПИРИЧЕСКОМ И ОБОСНОВАННОМ РАСЧЕТАМИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОЧКОВ

Жидкокристаллические очки, которые использовались для ортоптического лечения с целью восстановления сенсорной фузии программировались с использованием программы для персонального компьютера, которая позволяла задавать частоту осцилляций индивидуально для каждого пациента согласно временным параметрам установочных движений глаз. До разработки программы жидкокристаллические очки программировались эмпирически на частоту 2 Гц. Такая частота была избрана исходя из наименьшей частоты мигания, которая используется при лечении на синоптофоре в режиме раздельного мигания.

Задачей настоящего раздела была оценка эффективности указанного эмпирического программирования жидкокристаллических очков по сравнению с программированием с использованием формулы расчета частоты альтернирования при ортоптическом лечении детей с отсутствием сенсорной фузии [14].

Эмпирически были запрограммированы на 2 Гц очки для 21 пациента (эмпирическая группа). Пациенты были отобраны ретроспективно сплошным методом.

В предыдущей главе была разработана формула расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков с учетом временных параметров установочных движений глаз, измеренных на видеоокулографе Gazelab. Сплошным методом были отобраны 18 пациентов, которым очки были запрограммированы с использованием разработанной формулы расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков (расчетная группа). Были включены пациенты, составившие материал предыдущей главы, кроме 6 человек, которые по разным причинам не смогли посещать врача-офтальмолога.

Было выполнено сравнение результатов лечения пациентов в основной («расчетной») и контрольной («эмпирической») группах.

Всем пациентам была проведена операция по поводу содружественного сходящегося постоянного аккомодационного и неаккомодационного косоглазия в сети детских глазных клиник «Ясный Взор». Все пациенты были в состоянии ортотропии после оперативного лечения. Случаев гиперэффекта не было. В повторных вмешательствах пациенты не нуждались. На синоптофоре определялось отсутствие сенсорной фузии.

Демографические параметры групп отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Демографические параметры пациентов в сравниваемых группах до лечения, $M \pm \sigma$ (min–max)

Параметр	Эмпирическая группа (n = 21)	Расчетная группа (n = 18)
Возраст, лет	$5,3 \pm 1,7$ (4-7)	$5,5 \pm 1,9$ (4–8)
Пол, м/ж	10/11	9/9
Возраст, когда обнаружено косоглазие, лет	$1,0 \pm 1,2$ (0,0–3,5)	$1,2 \pm 0,9$ (0,0–3,3)

Примечание: группы по всем параметрам статистически не различались ($p > 0,05$).

Пациенты в эмпирической и расчетной группе не отличались статистически по половозрастным характеристикам, а также возрасту, когда было обнаружено косоглазие.

Клинические параметры групп отражены в таблице 3.

Различий между расчетной и эмпирической группами не наблюдалось, что отражено в таблице 3. У всех пациентов не было бинокулярного зрения при проверке зрения на 4-точечном тесте. Поэтому пациенты из обеих групп были в равнозначных условиях для восстановления сенсорной фузии и восстановления бинокулярного зрения.

Таблица 3 – Клинические параметры пациентов в сравниваемых группах до лечения, $M \pm \sigma$ (min–max)

Параметр	Эмпирическая группа (n = 21)	Расчетная группа (n = 18)
Наличие косоглазия до хирургического лечения, месяцев	$35,7 \pm 12,1$ (15,0–63,0)	$39,3 \pm 28,3$ (14,0–102,0)
Острота зрения лучше видящего глаза с коррекцией	$0,93 \pm 0,02$ (0,8–1,0)	$0,94 \pm 0,01$ (0,8–1,0)
Острота зрения хуже видящего глаза с коррекцией	$0,81 \pm 0,09$ (0,7–1,0)	$0,77 \pm 0,1$ (0,7–1,0)
Сферозэквивалент лучше видящего глаза, диоптрий	$2,0 \pm 1,3$ (0,25–5,5)	$2,65 \pm 1,4$ (0,38–5,75)
Сферозэквивалент хуже видящего глаза, диоптрий	$2,25 \pm 1,34$ (0,25–5,75)	$2,83 \pm 1,4$ (0,50–5,5)
Величина анизометропии, диоптрий	$0,55 \pm 0,12$ (0,0–1,5)	$0,45 \pm 0,16$ (0,0–1,0)
Угол косоглазия, градусы	$4,2 \pm 1,1$ (2–6)	$5,0 \pm 1,6$ (1–8)

Примечание: группы по всем параметрам статистически не различались ($p > 0,05$).

Итоги лечения отражены на рисунке 11. У пациентов, которым были назначены жидкокристаллические очки для ортоптического лечения с использованием формулы расчета альтернирования результаты были лучше, чем у пациентов, которым режим альтернирования был назначен произвольно.

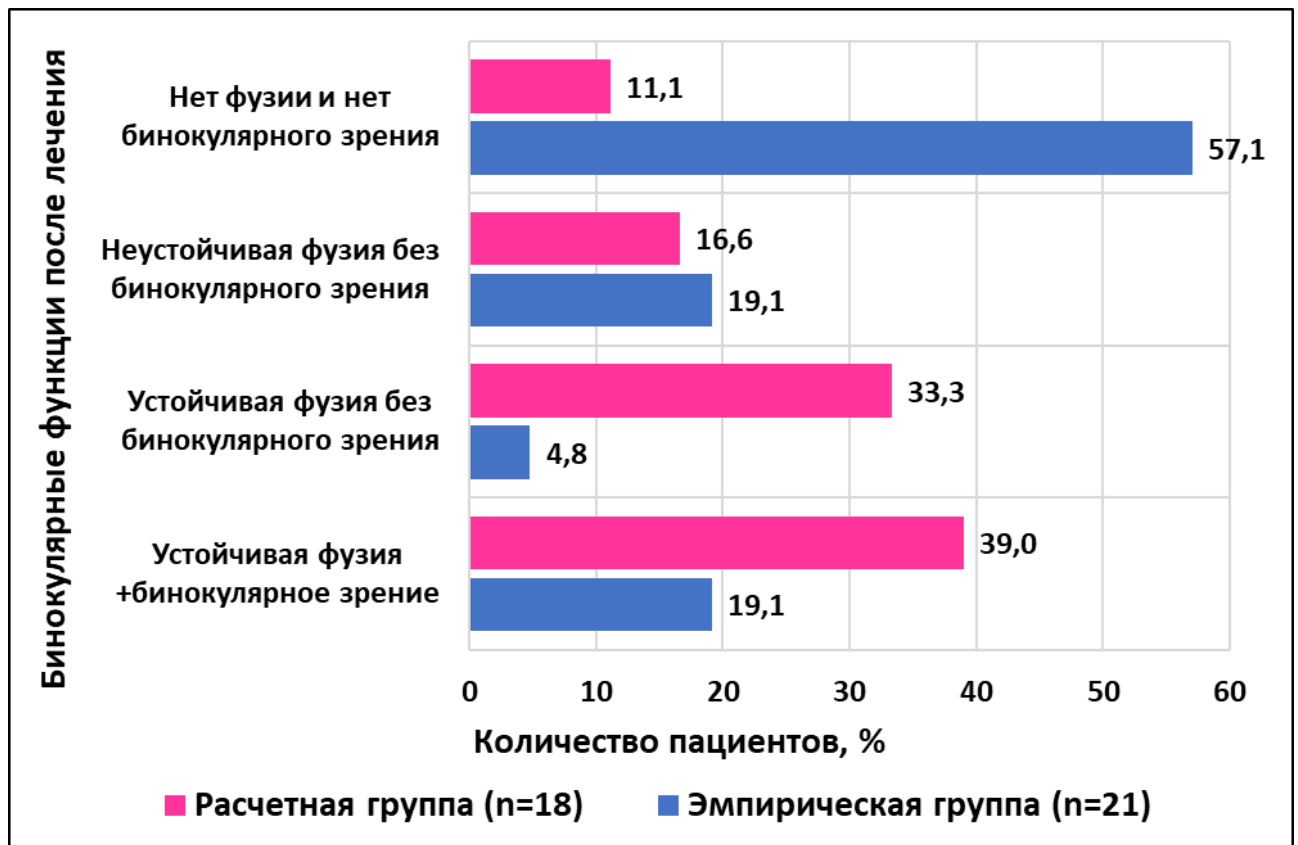


Рисунок 11 – Восстановление сенсорной фузии и биноклярного зрения после лечения. Различие групп статистически достоверно ($p < 0,01$)

Согласно рисунку 11, восстановление биноклярных функций (биноклярного зрения и сенсорной фузии) чаще происходило при программировании жидкокристаллических очков с использованием формулы расчета (1), чем при эмпирическом программировании ($p < 0,01$). В дальнейшем это стало причиной назначения всем пациентам в состоянии ортотропии с отсутствием сенсорной фузии индивидуального программирования параметров осцилляции жидкокристаллических очков.

ГЛАВА 5

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЕНСОРНОЙ ФУЗИИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОЧКОВ

Восстановление сенсорной фузии является неотъемлемой частью восстановления бинокулярных функций у пациентов с косоглазием. Особенно это актуально у пациентов с врожденным косоглазием, когда на анатомо-физиологическом уровне образуются препятствия для формирования единого зрительного образа в зрительных центрах головного мозга.

Нами была поставлена задача оценить эффективность предложенного нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре, а также оценить возможности метода у детей, у которых традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре было неэффективным.

5.1 Использование жидкокристаллических очков у пациентов без сенсорной фузии после оперативного исправления косоглазия

Отсутствие сенсорной фузии является наиболее частой функциональной проблемой у пациентов с врожденным или рано приобретенным косоглазием. Происходит это за счет того, что нейроны зрительного центра не успевают сформировать «бинокулярность» для возможного анализа изображения одновременно от обоих глаз и слияния их в единое изображение. На данный момент общепризнанным способом восстановления сенсорной фузии является ортоптическое лечение на синоптофоре, которое проводится с помощью тест-объектов на слияние в течение 15 минут при частоте альтернирования тест-объектов в 8 Гц.

Поэтому мы поставили задачу – оценить эффективность нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии

жидкокристаллическими очками в сравнении с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре [11, 70].

Исследование включало 99 пациентов, которым была проведена операция по поводу содружественного сходящегося постоянного аккомодационного и неаккомодационного косоглазия в сети детских глазных клиник «Ясный Взор». Все пациенты были в состоянии ортотропии. На синоптофоре определялось отсутствие сенсорной фузии.

Пациенты были случайным образом разделены на две группы. Группа «Очки» (основная) состояла из 46 пациентов, получавших ортоптическое лечение с помощью жидкокристаллических очков. Группа «Синоптофор» (контрольная) включала 53 пациента, получавших ортоптическое лечение на синоптофоре.

Критериями включения были возраст от 4 до 10 лет, состояние ортотропии (при измерении на синоптофоре остаточный угол косоглазия составлял не более 10°). Все пациенты были с гиперметропией: по сферическому компоненту рефракция составляла не более 4,75 диоптрий, астигматизм был не более 1,5 диоптрий. При этом включались пациенты с диагнозом амблиопии слабой степени. Были исключены пациенты с сопутствующей офтальмологической патологией, а также пациенты с наличием вертикального угла косоглазия и циклотропией, которые были выявлены на синоптофоре и при проведении теста Мэддокс. Всем пациентам было проведено стандартное офтальмологическое обследование, а также исследование на синоптофоре с определением объективных и субъективных углов косоглазия, исследованием бинокулярного зрения при помощи 4-точечного теста.

Лечение на синоптофоре проводилось стандартным методом: попеременно предъявлялись тест-объекты для слияния под объективным углом косоглазия в течение 15 минут ежедневно курсами по 10 дней каждые 3 месяца (всего 3–4 курса в год). Лечение жидкокристаллическими очками проводилось в ежедневном режиме в течение 4-х часов в день в домашних условиях.

Восстановление сенсорной фузии исследовали каждые 3 месяца на синоптофоре.

Период наблюдения за пациентами составил 12 месяцев.

Демографические параметры пациентов в группах сравнения отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры пациентов в сравниваемых группах до лечения, $M \pm \sigma$ (min–max)

Параметр	Группа «Синоптофор» (n = 53)	Группа «Очки» (n = 46)
Возраст, лет	5,7±1,9	5,6±2,5
Пол, м/ж	30 / 23	23 / 23
Возраст, когда обнаружено косоглазие, лет	1,3±1,7 (0,0–5,0)	1,4±1,4 (0,0–5,0)
Наличие косоглазия до хирургического лечения, месяцев	41,7±15,4 (4,0–68,0)	39,3±28,3 (2,0–110,0)

Примечание: группы статистически не различались ($p > 0,05$).

Сравниваемые группы по половозрастным параметрам, а также длительности косоглазия и наличию косоглазия до хирургического лечения были статистически однородны, что отражает таблица 4.

Группы пациентов были однородны также по сферическому эквиваленту, остроте зрения, углу косоглазия, что отражено на рисунках 12, 13 и 14.

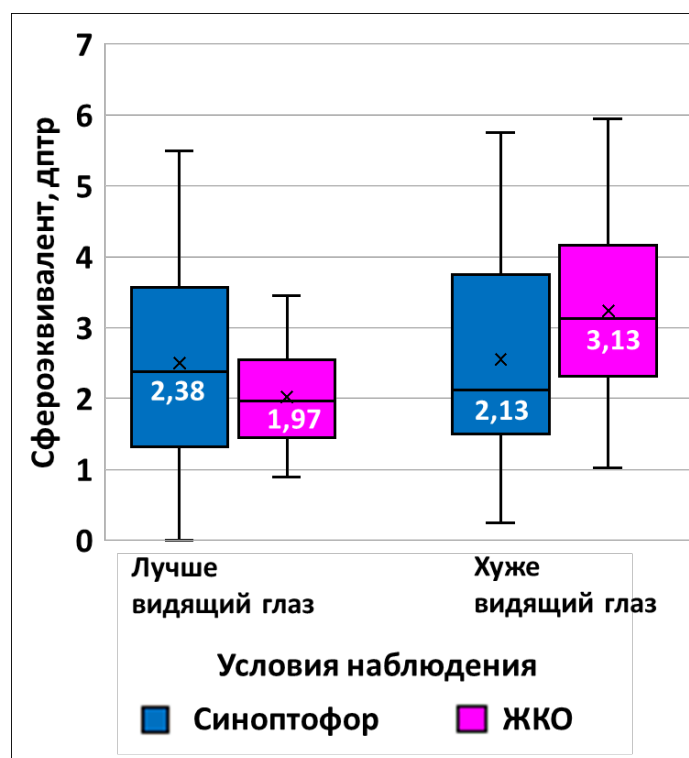


Рисунок 12 – Сравнение сферического эквивалента в зависимости от остроты зрения в сравниваемых группах до лечения

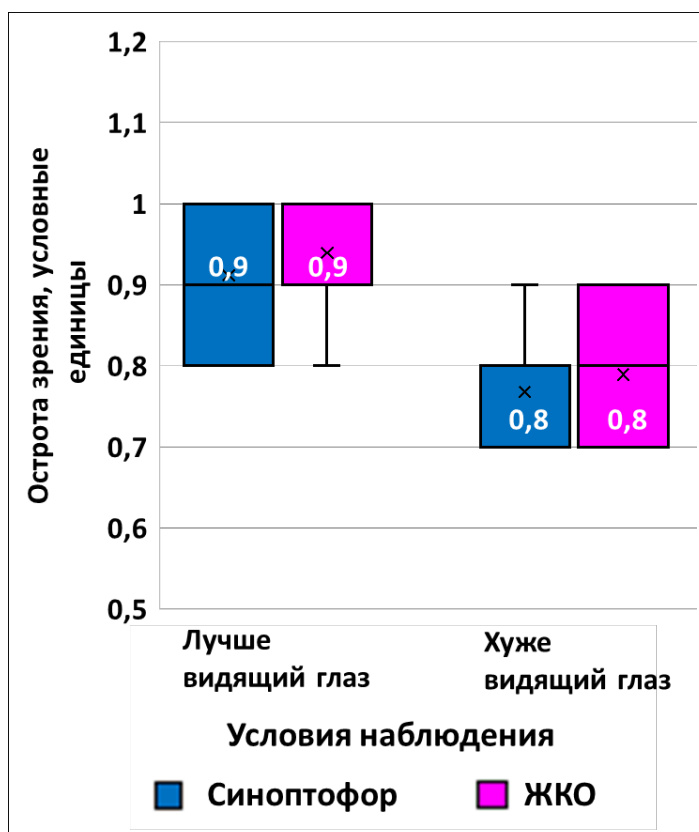


Рисунок 13 – Сравнение остроты зрения в сравниваемых группах до лечения

Также важно отметить, что пациенты в обеих группах были в состоянии ортотропии, что отражено на рисунке 14.

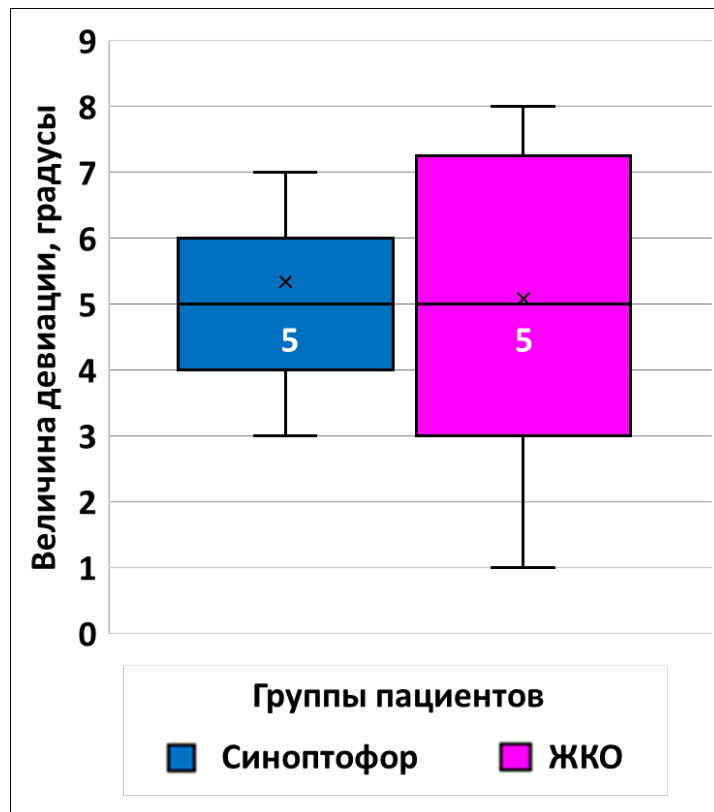


Рисунок 14 – Угол косоглазия в сравниваемых группах до лечения

Сравниваемые группы были статистически однородны, что отражает таблица 4. При этом важно, что у всех пациентов остаточный угол косоглазия после оперативного лечения косоглазия не более 10 градусов при измерении на синоптофоре, что создавало хорошие условия для формирования сенсорной фузии обеими методиками.

Отсутствие бинокулярного зрения было выявлено у всех исследуемых пациентов, на 4-точечном тесте определялось одновременное зрение.

Итоги лечения отражены на рисунке 15. У пациентов, которым было назначено ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками результаты лечения были лучше, чем у пациентов, которые проходили ортоптическое лечение на синоптофоре.

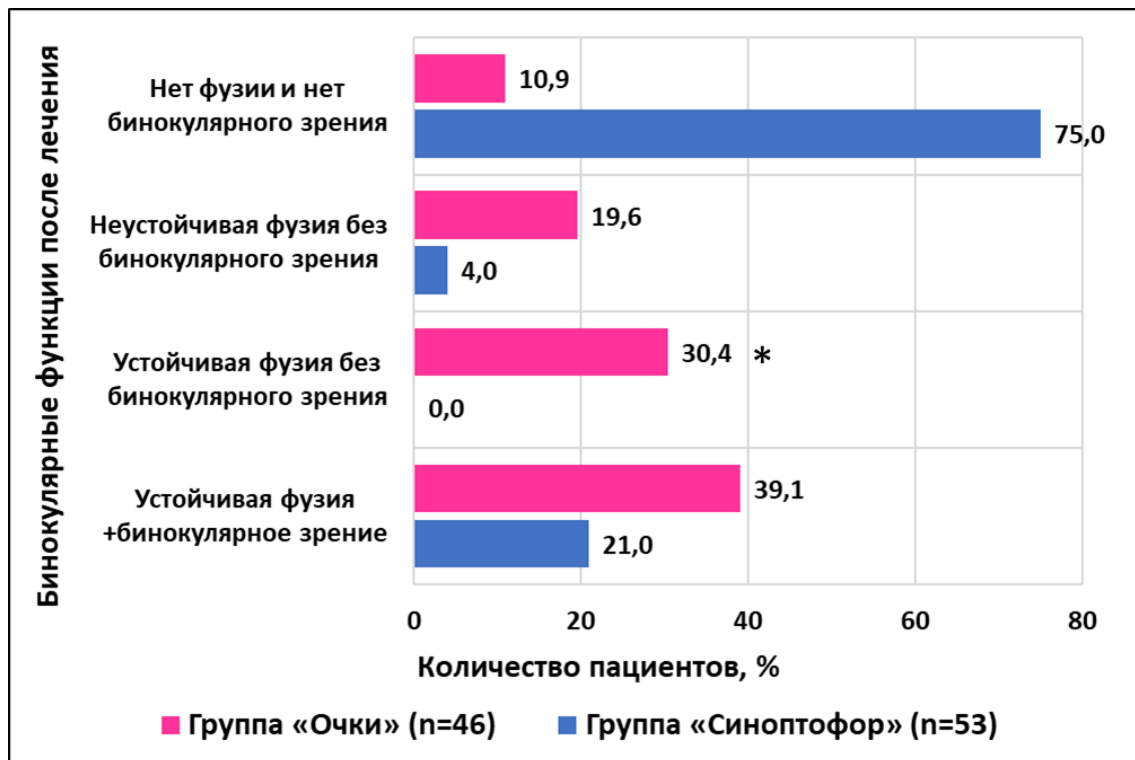


Рисунок 15 – Восстановление сенсорной фузии и бинокулярного зрения после лечения, n (%). Различие групп статистически достоверно ($p < 0,000$).

Примечание: у 12 пациентов (26%) бинокулярное зрение восстановилось после курса диплоптического лечения

Восстановление бинокулярных функций (бинокулярного зрения и сенсорной фузии), по данным рисунка 15, чаще происходило при ортоптическом лечении жидкокристаллическими очками ($p < 0,000$): у 11 (21%) пациентов из группы «Синоптофор» и у 32 (69,5%) пациентов из группы «Очки» получилось восстановить сенсорную фузию. При этом сенсорная фузия в группе «Очки» имела тенденцию (недостоверную) к более быстрому восстановлению в среднем за $5,0 \pm 2,1$ месяца (3–10 месяцев) по сравнению с $5,82 \pm 3,85$ месяца (4–12 месяцев) в группе «Синоптофор».

Родители были больше удовлетворены ортоптическим лечением посредством жидкокристаллических очков, так как не нужно было ежедневно посещать клинику, а также в связи с большим комплаенсом со стороны детей.

Как показал проведенный сравнительный анализ, эффективность ортоптического лечения методом попеременного разобщения взора

жидкокристаллическими очками оказалась гораздо выше, чем традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре. Жидкокристаллические очки, в отличие от ортоптического лечения на синоптофоре, не требуют от пациентов усидчивости и посещения лечебного учреждения. Отдельно стоит отметить высокую частоту восстановления бинокулярного зрения при использовании метода попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками, что говорит о важности восстановления у детей сенсорной фузии для последующей реабилитации остальных бинокулярных функций, таких как бинокулярное и стереоскопическое зрение. Пациенты, которые носили жидкокристаллические очки, отмечали удобство и комфортные условия лечения, что приводило к более высокому комплаенсу со стороны детей и желанию лечиться жидкокристаллическими очками.

Также мы не исключаем, что данная эффективность опосредована более выраженным и значимым действием жидкокристаллических очков на зрительную систему пациента.

5.2 Использование жидкокристаллических очков у пациентов без сенсорной фузии после оперативного исправления косоглазия и лечения на синоптофоре

Проведение ортоптического лечения, как было показано в предыдущей главе, не всегда оказывается эффективным способом восстановления сенсорной фузии. Поэтому мы поставили задачу изучить возможности восстановления сенсорной фузии посредством ортоптического лечения жидкокристаллическими очками у пациентов, у которых не удалось восстановить устойчивую сенсорную фузию традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре [71].

В исследование были включены 86 пациентов с ранее оперированным содружественным аккомодационным и неаккомодационным сходящимся косоглазием и отсутствием сенсорной фузии при исследовании на синоптофоре, наблюдавшихся в сети детских глазных клиник «Ясный Взор» в период с 2014 по

2019 годы. Пациенты отбирались сплошным методом. Критериями включения были возраст от 4 до 11 лет, остаточный угол косоглазия, измеренный на синоптофоре после операции, не более 10 градусов, гиперметропическая рефракция (по сферозэквиваленту), отсутствие амблиопии либо ее слабая степень. Исключали пациентов с вертикальным косоглазием и циклотропией, нарушениями органического характера в зрительной системе. Всем пациентам проводили визометрию, авторефрактометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, определение характера зрения 4-точечным тестом, исследование на синоптофоре с определением объективного и субъективного углов косоглазия, вертикального угла косоглазия и наличия циклотропии.

Первоначально все 86 пациентов получали ортоптическое лечение на синоптофоре. Эти пациенты составили группу «Синоптофор-2». Сенсорную фузию определяли до лечения и через 10 дней после каждого курса лечения. Ортоптическое лечение на синоптофоре проводили по общепринятой методике путем попеременного предъявления тест-объектов для слияния в течение 15 минут под объективным углом курсами по 10 дней каждые 3 месяца (4 курса).

Ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками было назначено 43 пациентам, которые были объединены в группу «Очки-2». В нее вошли все пациенты из группы «Синоптофор-2», у которых не удалось восстановить устойчивую сенсорную фузию, за исключением 10 человек, которые отказались от данного метода лечения. Лечение жидкокристаллическими очками проходило ежедневно, непрерывно в течение 6 часов в день до восстановления сенсорной фузии. Срок лечения составил от 2 до 14 месяцев.

Жидкокристаллические линзы в использованном устройстве помещены в специальную очковую оправу. Ее конструкция предусматривает возможность одновременного использования корректирующих линз, которые были назначены 12 детям. В устройстве во включенном состоянии происходит окклюзия попеременно правого и левого глаза с заданной частотой. Конструкция содержит USB-вход, который используется для установления частоты попеременной окклюзии и зарядки устройства.

Критерием восстановления сенсорной фузии являлось появление у пациентов устойчивой сенсорной фузии на синоптофоре.

Демографические характеристики пациентов в сравниваемых группах представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика пациентов сравниваемых групп до лечения, $M \pm \sigma$ (min–max)

Параметр	Группа «Синоптофор-2» (n = 86)	Группа «Очки-2» (n = 43)
Возраст, лет	$6,1 \pm 2,1$ (4,0–11,0)	$5,5 \pm 1,4$ (4,0–11,0)
Пол, м /ж	45 / 41	28 / 15
Возраст выявления косоглазия, лет	$1,7 \pm 1,5$ (0,0–5,0)	$1,8 \pm 1,1$ (0,0–5,0)
Длительность косоглазия до оперативного лечения, месяцы	$48,2 \pm 28,6$ (2,0–120,0)	$36,7 \pm 20,9$ (2,0–120,0)

Примечание: по всем параметрам различие групп статистически не достоверно ($p > 0,05$).

Как видно из таблицы 5, у пациентов косоглазие был выявлено в возрасте до 2-х лет, что говорит о врожденном характере данного заболевания. По половозрастным характеристикам группы также статистически были однородны.

Клинические параметры сравниваемых групп пациентов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Клинические параметры пациентов в сравниваемых группах до лечения, $M \pm \sigma$ (min–max)

Параметр	Группа «Синоптофор-2» (n = 86)	Группа «Очки-2» (n = 43)
Острота зрения обоих глаз	$0,69 \pm 0,3$ (0,1–1,0)	$0,78 \pm 0,26$ (0,1–1,0)
Острота зрения обоих глаз с коррекцией	$0,90 \pm 0,16$ (0,4–1,0)	$0,89 \pm 0,22$ (0,4–1,0)
Сферозэквивалент обоих глаз, дптр	$2,62 \pm 1,6$ (0–6,25)	$2,65 \pm 1,6$ (0–6,25)
Угол косоглазия, градусы	$4,2 \pm 0,5$ (2–8)	$3,8 \pm 0,6$ (2–8)

Примечание: по всем параметрам различие групп статистически не достоверно ($p > 0,05$).

Как видно из таблицы 6, сравниваемые группы не различались по исходным данным. Положение глаз у пациентов обеих групп было близко к ортотропии. Средний угол косоглазия составлял $4,2 \pm 0,5$ градусов в группе «Синоптофор-2», $3,8 \pm 0,6$ градусов в группе «Очки-2», что создавало благоприятные условия для восстановления сенсорной фузии.

При исследовании на 4-точечном тесте все пациенты групп «Синоптофор-2» и «Очки-2» имели исходно одновременный характер зрения.

Ортоптическое лечение методом попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками оказалось намного более успешным, чем традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре (рисунок 16).

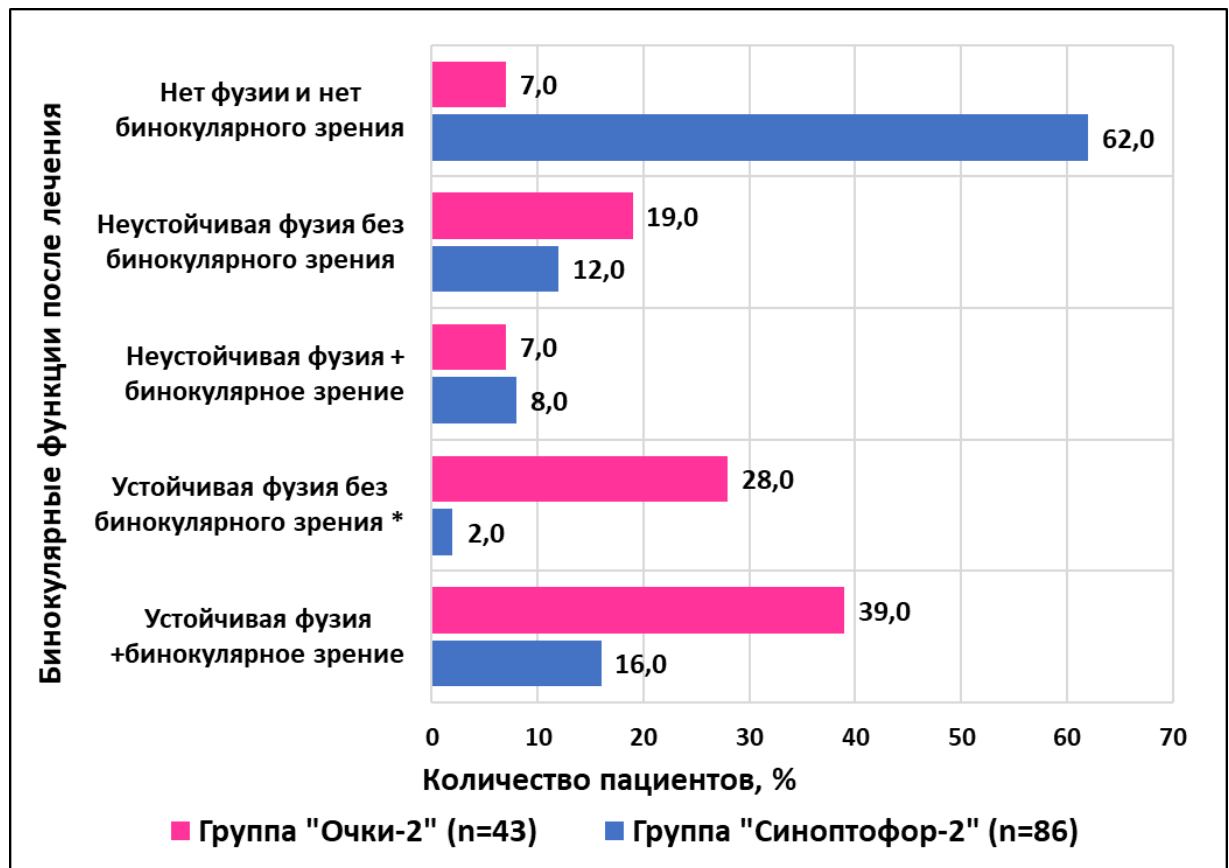


Рисунок 16 – Восстановление бинокулярных функций после лечения. Различие групп статистически достоверно ($p < 0,001$). Примечание: Восстановлено после диплоптического лечения

Как видно из рисунка 16, и бинокулярное зрение, и сенсорная фузия существенно чаще восстанавливались при использовании жидкокристаллических очков. Сенсорная фузия восстановилась в целом у 16 (18%) пациентов из группы «Синоптофор-2» и у 29 (67%) пациентов из группы «Очки-2». Время формирования устойчивой сенсорной фузии у детей группы «Синоптофор-2» составило в среднем $9,2 \pm 2,5$ месяца (от 6 до 16 месяцев), в то время как у 29 пациентов группы «Очки-2» на это потребовалось $6,8 \pm 2,5$ месяца (от 2 до 12 месяцев) ($p < 0,005$). Два пациента из группы «Синоптофор-2» и 12 пациентов из группы «Очки-2», у которых сразу не восстановилось бинокулярное зрение при устойчивой сенсорной фузии, проходили диплоптическое лечение, которое во всех случаях привело к формированию бинокулярного зрения за период $5,9 \pm 1,4$ месяца (от 3 до 8 месяцев).

Острота зрения и объективный угол косоглазия, измеренный на синоптофоре, в обеих группах остались без изменений. Наблюдалась бóльшая удовлетворенность лечением родителей пациентов группы «Очки-2» из-за отсутствия необходимости частого посещения лечебного учреждения.

Клинический пример восстановления сенсорной фузии с использованием жидкокристаллических очков

Пациентка М.

Анамнез болезни

Родители отметили появление содружественного сходящегося косоглазия в возрасте 1 год. Изначально косоглазие отмечалось периодически, но со временем стало постоянным. Родители обратились в детские глазные клиники «Ясный Взор», когда ребенок был в возрасте 2 лет.

Офтальмологический статус (13.06.2022 г.)

Острота зрения:

Vis OD предметное зрение (в связи с возрастом остроту зрения не удалось определить).

Vis OS предметное зрение (в связи с возрастом остроту зрения не удалось определить).

Угол по Гиршбергу +30 градусов.

Объективный угол на синоптофоре +27 градусов. В связи с возрастом определить наличие сенсорной фузии не представлялось возможным.

Тест Уорса – характер зрения определить не удалось.

Подвижность глазных яблок в полном объеме, пациентка хорошо фиксировала предметы, были выявлены плавные следящие движения.

Авторефрактометрия на высоте циклоплегии:

OD sph+2,50 cyl+1,00 ax 90

OS sph+2,00 cyl+0,50 ax 84

Исследование состояния глаз:

Область орбиты и кожа век не изменена. Слезопроводящий аппарат без особенностей.

Конъюнктивы век и переходных складок бледно-розового цвета, гладкая, блестящая, отделяемого нет.

Положение глазного яблока в орбите правильное, глазное яблоко обычного размера, шаровидной формы, движения в полном объеме, безболезненные. Конвергируют симметрично.

Склера белого цвета, поверхность гладкая, передние цилиарные сосуды не изменены.

Передний отрезок без особенностей. Роговица прозрачная, блестящая, зеркальная, чувствительность сохранена.

Прямая, содружественная реакция зрачка на свет живая.

Хрусталик прозрачный, положение правильное.

Глазное дно без особенностей. Рефлекс розовый, стекловидное тело прозрачное. Артерии и вены не изменены.

Установлен диагноз: OU – Содружественное сходящееся альтернирующее неаккомодационное постоянное косоглазие. Гиперметропия средней степени. OD – Гиперметропический прямой астигматизм.

После проведенного предоперационного исследования и расчета дозирования хирургии косоглазия с помощью программы математического моделирования хирургии косоглазия StraboSoft была определена необходимость проведения двух этапов хирургического вмешательства.

Первый этап операции **16.06.2022** (OD – глубокая рецессия медиальной прямой мышцы) прошел без осложнений.

Офтальмологический осмотр (10.04.2023 г.)

Острота зрения:

Vis OD 0,6 без 1 знака, с коррекцией не называет опто типы.

Vis OS 0,8 без 2 знаков, с коррекцией не называет опто типы.

Угол по Гиршбергу составлял +15 градусов.

Тест Уорса – одновременный характер зрения с расстояния 33 см, 1 м, 5 м.

Угол косоглазия на синоптофоре:

Объективный угол +14 градуса.

Субъективный угол скотома перескока на +12 градусов.

Подвижность глазных яблок была в полном объеме.

Рефракция на высоте циклоплегии составила:

OD sph+2,50 cyl+1,00 ax 93;

OS sph+2,00 cyl+0,50 ax 86.

Диагноз пациентки после осмотра: OU – Содружественное сходящееся альтернирующее оперированное неаккомодационное постоянное косоглазие. Гиперметропия средней степени. OD – Гиперметропический прямой астигматизм.

13.04.2023 проведен второй этап хирургического вмешательства (OS – глубокая рецессия медиальной прямой мышцы).

На 7-й день после второго этапа хирургического вмешательства был проведен осмотр пациентки и выявлена ортотропия.

Офтальмологический осмотр (20.04.2023 г.)

Vis OD 0,6, с коррекцией не называет оптоотыпы.

Vis OS 0,8 без 2 знаков, с коррекцией не называет оптоотыпы.

Угол по Гиршбергу составлял 0+5 градусов.

Тест Уорса – одновременный характер зрения с расстояния 33 см, 1 м, 5 м.

Угол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол +4 градуса;
- субъективный угол скотома перескока на 0 градусов.

Подвижность глазных яблок была в полном объеме.

Для восстановления сенсорной фузии было решено назначить ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками. Проведена видеоокулография на аппарате Gazelab (BSC Innova, Испания) с определением длительности латентного периода и установочного движения правого и левого глаз.

Проводилась серия исследований, из которых были отобраны корректно проведенных 3 исследования для каждого глаза с большей длительностью установочного движения:

№	Длительность латентного периода (большая из 2 глаз), мс	Длительность установочного движения (большая из 2 глаз), мс
1	300	100
2	350	100
3	300	80
Среднее значение	316,7	93,3

По формуле (1) частота, на которую были запрограммированы очки составила: $v = 500 / [(300 + 100) + 40] = 1,1$ Гц.

Пациентке очки были назначены на 6 часов в день для ежедневного ношения. Через 3 месяца пациентка пришла на повторный осмотр.

Офтальмологический осмотр (28.07.2023 г.)

Vis OD 0,8, с коррекцией не называет оптоотипы.

Vis OS 0,8, с коррекцией не называет оптоотипы.

Угол по Гиршбергу составлял 0 градусов.

Тест Уорса – одновременный с 5 м и с 1 м, но с 33 см пациентка стала давать неустойчивое бинокулярное зрение.

Угол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре +5 градусов;

- субъективный угол на синоптофоре неустойчивая сенсорная фузия.

Подвижность глазных яблок была в полном объеме.

Рефракция на узкий зрачок:

OD sph+2,00 cyl+0,75 ax 89;

OS sph+1,75 cyl+0,50 ax 91.

Офтальмологический осмотр (02.02.2024 г.)

Vis OD 0,8, с коррекцией не называет оптоотыпы.

Vis OS 0,8, с коррекцией не называет оптоотыпы.

Угол по Гиршбергу составлял 0 градусов.

Тест Уорса – одновременный с 5 м и с 1 м, но с 33 см пациентка стала давать неустойчивое бинокулярное зрение.

Угол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре +5 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре устойчивая сенсорная фузия.

Подвижность глазных яблок была в полном объеме.

**Клинический пример восстановления сенсорной фузии с использованием
жидкокристаллических очков после неудачного лечения
с использованием синоптофора**

Пациент Е.**Анамнез болезни**

Родители отметили появление сходящегося косоглазия в возрасте 1 года. Родители обратились в детские глазные клиники «Ясный Взор», когда ребенок был в возрасте 4 лет. До обращения в клинику пациент проходил консервативное лечение в кабинетах охраны зрения и носил очковую коррекцию.

Офтальмологический статус (21.03.2021 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,5 без 1 знака.

Vis OS 0,7 без 2 знаков.

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,5 без 1 знака, с коррекцией sph + 3,25 cyl + 0,50 ax 80 = 1,0;

OS 0,7 без 2 знаков, с коррекцией sph + 3,00 = 1,0.

Угол по Гиршбергу без коррекции +25 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции +20 градусов.

Укол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +31 градус.
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции +22 градуса.
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на +27 градусов.
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на +19 градусов.

Тест Уорса – характер зрения альтернирующий с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок в полном объеме.

Авторефрактометрия на высоте циклоплегии:

OD sph + 4,25 cyl + 0,75 ax 78;

OS sph + 3,75 cyl + 0,50 ax 107.

Исследование состояния глаз:

Область орбиты и кожа век не изменена. Слезопроводящий аппарат без особенностей.

Конъюнктивы век и переходных складок бледно-розового цвета, гладкая, блестящая, отделяемого нет.

Положение глазного яблока в орбите правильное, глазное яблоко обычного размера, шаровидной формы, движения в полном объеме, безболезненные. Конвергируют симметрично.

Склера белого цвета, поверхность гладкая, передние цилиарные сосуды не изменены.

Передний отрезок без особенностей. Роговица прозрачная, блестящая, зеркальная, чувствительность сохранена.

Прямая, содружественная реакция зрачка на свет живая.

Хрусталик прозрачный, положение правильное.

Глазное дно без особенностей. Рефлекс розовый, стекловидное тело прозрачное. Артерии и вены не изменены.

Установлен диагноз: OU – Содружественное сходящееся альтернирующее частично-аккомодационное постоянное косоглазие. Гиперметропия средней степени. OD – Гиперметропический прямой астигматизм.

После проведенного предоперационного исследования и расчета дозирования хирургии косоглазия с помощью программы математического моделирования хирургии косоглазия StraboSoft была определена необходимость проведения двух этапов хирургического вмешательства.

28.04.2021 проведено хирургическое лечение косоглазия (OS – глубокая рецессия медиальной прямой мышцы).

Первый этап операции прошел без осложнений. Было рекомендовано приехать на осмотр с последующей операцией через 3 месяца.

Офтальмологический статус (01.07.2021 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,7.

Vis OS 0,8 без 2 знаков.

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,7 без 1 знака, с коррекцией sph+3,25 cyl +0,50 ax 80 = 1,0.

OS 0,8 без 2 знаков, с коррекцией sph+3,00 = 1,0.

Угол по Гиршбергу без коррекции +15 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции +10 градусов.

Укол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +18 градусов;
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции +10 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на +17 градусах;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на +9 градусах.

Тест Уорса – характер зрения альтернирующий с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок была в полном объеме.

Диагноз пациентки после осмотра: OU – Содружественное сходящееся оперированное частично-аккомодационное постоянное косоглазие. Гиперметропия средней степени. OD – Гиперметропический прямой астигматизм.

Для восстановления сенсорной фузии пациент начал проходить курсы консервативного лечения на синоптофоре по стандартной методике с отдельным режимом альтернирования. Было пройдено 4 курса лечения по 10 дней с промежутком в 3 месяца. В результате пройденного лечения не была восстановлена сенсорная фузия и характер зрения.

Второй этап хирургического лечения косоглазия также был рассчитан по системе математического моделирования хирургии косоглазия StraboSoft.

15.07.2021 проведено хирургическое лечение косоглазия (OD – глубокая рецессия медиальной прямой мышцы).

На 7-й день после второго этапа хирургического вмешательства был проведен осмотр пациентки.

Офтальмологический статус (22.07.2021 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,5 без 1 знака.

Vis OS 0,7 без 2 знаков.

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,5 без 1 знака, с коррекцией sph + 3,25 cyl + 0,50 ax 80 = 1,0;

OS 0,7 без 2 знаков, с коррекцией sph + 3,00 = 1,0.

Угол по Гиршбергу без коррекции 0 + 5 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции 0 градусов.

Угол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +8 градусов;
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции 0 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на +7;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции скотома перескока на 0 градусов.

Тест Уорса – характер зрения альтернирующий с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок в полном объеме.

Для восстановления сенсорной фузии пациент прошел второй курс ортоптического лечения на синоптофоре по стандартной методике с отдельным режимом альтернирования. Было пройдено 4 курса лечения по 10 дней с промежутком в 3 месяца. В результате пройденного лечения не была восстановлена сенсорная фузия и характер зрения. Поэтому было решено назначить ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками. Была проведена видеоокулография на аппарате Gazelab (BCC Innova, Испания) с определением длительности латентного периода и установочного движения правого и левого глаз.

Проводилась серия исследований, из которых были отобраны корректно проведенных 3 исследования для каждого глаза с большей длительностью установочного движения.

№	Длительность латентного периода (большая из 2 глаз), мс	Длительность установочного движения (большая из 2 глаз), мс
1	380	80
2	360	90
3	400	80
Среднее значение	380	83,3

Соответственно формуле (1) $\nu = 500 / [(t_1 + t_2) + 40]$ частота, на которую были запрограммированы очки составила:

$$\nu = 500 / [(380 + 90) + 40] = 1 \text{ Гц.}$$

Пациенту очки были назначены на 4 часа в день для ежедневного ношения. Через 3 месяца пациент пришел на повторный осмотр.

Офтальмологический статус (01.10.2021 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,8;

Vis OS 0,8ю

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,5 без 1 знака, с коррекцией $\text{sph} + 3,25 \text{ cyl} + 0,50 \text{ ax } 80 = 1,0$;

OS 0,7 без 2 знаков, с коррекцией $\text{sph} + 3,00 = 1,0$.

Угол по Гиршбергу без коррекции 0 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции 0 градусов.

Укол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +7 градусов;
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции 0 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции неустойчивая сенсорная фузия на +7 градусах;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции неустойчивая сенсорная фузия на 0 градусов.

Тест Уорса – характер зрения неустойчивое бинокулярное с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок в полном объеме.

Пациент был приглашен на повторную консультацию через 3 месяца.

Офтальмологический статус (03.02.2022 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,8;

Vis OS 0,8.

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,5 без 1 знака, с коррекцией $\text{sph} + 3,25 \text{ cyl} + 0,50 \text{ ax } 80 = 1,0$;

OS 0,7 без 2 знаков, с коррекцией $\text{sph} + 3,00 = 1,0$.

Угол по Гиршбергу без коррекции 0 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции 0 градусов .

Укол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +7 градусов;
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции 0 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции неустойчивая сенсорная фузия на +7 градусах;

- субъективный угол на синоптофоре без коррекции неустойчивая сенсорная фузия на 0 градусов.

Тест Уорса – характер зрения неустойчивое бинокулярное с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок в полном объеме.

Пациент был приглашен на повторную консультацию через 3 месяца.

Офтальмологический статус (10.05.2022 г.)

Остроте зрения без коррекции:

Vis OD 0,8;

Vis OS 0,8.

Острота зрения пациента с оптимальной оптической коррекцией:

OD 0,5 без 1 знака, с коррекцией sph + 3,25 cyl + 0,50 ax 80 = 1,0;

OS 0,7 без 2 знаков, с коррекцией sph + 3,00 = 1,0.

Угол по Гиршбергу без коррекции 0 градусов.

Угол по Гиршбергу в очковой коррекции 0 градусов.

Угол косоглазия на синоптофоре:

- объективный угол на синоптофоре без коррекции +7 градусов;
- объективный угол на синоптофоре в очковой коррекции 0 градусов;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции устойчивая сенсорная фузия на +5 градусах;
- субъективный угол на синоптофоре без коррекции устойчивая сенсорная фузия на 0 градусов.

Тест Уорса – характер зрения бинокулярное с 33 см, 1 м, 5 м.

Подвижность глазных яблок в полном объеме.

В обоих методах – традиционном лечении на синоптофоре и методе восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками – присутствует попеременность подачи зрительной информации в правый и левый глаз, однако сеансы лечения на синоптофоре вынужденно ограничены по времени, поскольку утомительны для ребенка, требуют большой усидчивости и обуславливают необходимость посещения ребенком лечебного учреждения.

Таким образом, методика попеременного разобщения зрения автономными жидкокристаллическими очками имеет существенные преимущества. Удобство данной технологии в возможности комфортного лечения в течение длительного времени, отсутствии необходимости ежедневно посещать лечебное учреждение, позитивном отношении детей к лечению жидкокристаллическими очками, а также доказанная эффективность перед ортоптическим лечением на синоптофоре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сенсорная фузия – важнейший этап взаимодействия двух глаз, необходимый для полноценного бинокулярного зрения [3, 135]. Она представляет собой слияние изображений, попадающих на корреспондирующие участки сетчатки в зрительном центре, что позволяет воспринимать объект объемно без проявления диплопии.

Отсутствие сенсорной фузии является актуальной проблемой детской офтальмологии и страбизмологии, так как лечение данного состояния позволяет создать условия для полной реабилитации бинокулярных функций у пациентов после хирургического лечения косоглазия [120, 121]. В лечении косоглазия восстановление сенсорной фузии нередко требует внимания после хирургического этапа, если функция не восстанавливается «самопроизвольно» [13].

Распространенным способом развития и восстановления сенсорной фузии является ортоптическое лечение на синоптофоре, включающие альтернирующее, а затем одновременное предъявление зрительных стимулов на центральные зоны сетчаток обоих глаз [1, 3, 22]. Недостатком данного метода является жесткая гаплоскопия, что подразумевает восприятие равно контурных, но не идентично одинаковых тест-объектов правым и левым глазом, тем самым ухудшаются условия для формирования бинокулярных связей между глазами. Другим недостатком данного метода является необходимость проведения упражнений в лечебном учреждении и невозможность выполнения их в домашних условиях. Также, по данным Т.П. Кащенко, эффективность восстановления при проведении данного метода лечения после хирургического лечения косоглазия составляет только 24,8% [26].

Поэтому актуальным представлялась разработка оригинального метода ортоптического лечения на основе использования жидкокристаллических очков, которые ранее были предложены для лечения амблиопии. Жидкокристаллические очки не применялись для восстановления сенсорной фузии, в частности, у пациентов с содружественным сходящимся косоглазием в послеоперационном периоде.

Целью данной работы была разработка нового метода ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками и оценка его эффективности по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

Клинические исследования проведены на базе сети детских глазных клиник «Ясный Взор». Было проведено исследование и лечение 170 пациентов.

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 № 442н с изменениями от 27 июля 2020 года).

Пациентам проводилось исследование объективного и субъективного угла на синоптофоре, определение бинокулярного зрения по тесту Уорса, исследование движения глазного яблока во время установочных движений с использованием видеоокулографа Gazelab (BCC Innova, Spain), по показаниям проводились оптическая когерентная томография (Cirrus HD ОКТ, Carl Zeiss, Германия), исследование зрительных вызванных потенциалов и электроретинографии.

Жидкокристаллические очки посредством программы на персональном компьютере могут быть запрограммированы на любую частоту альтернирования, обеспечивая попеременное разобщение полей зрения правого и левого глаза.

Необходимо было первым этапом разработать новый метод ортоптического лечения и определить методологию программирования очков на заданную частоту альтернирования, на которую нужно запрограммировать жидкокристаллические очки для пациента. Для это мы использовали функцию видеоокулографии на аппарате Gazelab (BCC Innova, Испания).

В исследование сплошным методом были включены 24 пациента с содружественным сходящимся косоглазием в состоянии ортотропии с отсутствием сенсорной фузии после оперативного лечения косоглазия.

Пациенты были в возрасте $5,1 \pm 1,6$ года (от 3 до 9 лет), среди них 10 мальчиков и 14 девочек. Рефракция по сферозквиваленту составляла $2,74 \pm 0,93$ дптр (0,75–4,50 дптр). Средний возраст выявления косоглазия составил

17,8±4,6 месяца (9–24 месяца). Все пациенты были оперированы по поводу сходящегося содружественного косоглазия. Операцию рецессии внутренней прямой и складки наружной прямой мышцы или глубокой рецессии внутренних прямых мышц (в зависимости от угла косоглазия) выполняли на чаще косящем глазу по малотравматичной методике с использованием математического расчета дозирования хирургии косоглазия Strabo, используемой в детских глазных клиниках «Ясный Взор». Объективный остаточный угол после операции, измеренный на синоптофоре, составил 3,25±1,94 градуса (0–6 градусов). Случаев гиперэффекта не было. В повторных вмешательствах пациенты не нуждались.

Задачей видеоокулографии было определение времени, достаточного для перехода глазного яблока в положение ортотропии после прикрывания парного глаза (совершения установочного движения при cover-test), а также длительности латентного периода – времени, требуемого для «осознания» глазодвигательными мышцами необходимости совершить установочное движения для обеспечения восприятия изображения центральной зоной сетчатки.

После измерения на видеоокулографе длительности установочного движения глазного яблока t_1 (мс) и латентного периода t_2 (мс) определяли максимальную частоту альтернирования ν в Гц рассчитывали по формуле:

$$\nu = 500 / [(t_1 + t_2) + 40],$$

где t_1 – длительность установочного движения глазного яблока (берется бóльшая длительность установочного движения из двух глаз), мс;

t_2 – период латентности установочного движения глазного яблока (берется бóльшая длительность установочного движения из двух глаз), мс;

40 – минимальное время, необходимое для визуализации между альтернированиями, мс. Указанное минимальное время определено на основе известных условий просмотра кинофильмов, предполагающих частоту 24 кадра в 1 с, и допускающих введение 25-го кадра, что соответствует длительности одного кадра 40 мс.

Данная формула позволяет осуществить программирование частоты альтернирования жидкокристаллических очков. Режим ношения очков определяется индивидуально, обычно от 6 до 12 месяцев по 6–8 часов в день.

Бóльшая (из двух глаз) длительность установочного движения в исследовании в среднем составила $93,8 \pm 14,4$ мс (от 70 до 120 мс). Бóльшая (из двух глаз) длительность латентного периода в исследовании в среднем составила $387,5 \pm 68,8$ мс (от 280 до 600 мс). Частота альтернирования, рассчитанная по формуле, которая в дальнейшем была использована для программирования жидкокристаллических очков, в среднем составила $1,0 \pm 0,1$ Гц (от 0,69 до 1,22 Гц).

Данные пациенты частично вошли в основную группу, исследование которых описано в главе 4.

До разработки формулы расчета частоты осцилляций жидкокристаллических очков использовали произвольное программирование на 2 Гц, поэтому следующим этапом сравнили восстановление сенсорной фузии у пациентов, которым очки программировались эмпирическим путем, с пациентами, которым очки программировались с использованием формулы расчета. Исследование включало 21 пациента, которым очки были запрограммированы произвольно («эмпирическая группа»), и 18 пациентов, которым очки запрограммировали с использованием формулы расчета частоты осцилляций («расчетная группа»). Были включены пациенты, составившие материал 3 главы, кроме 6 человек, которые по разным причинам не смогли посещать врача-офтальмолога.

Группы статистически не отличались по клинико-демографическим характеристикам. Пациенты носили очки в течение 6 часов ежедневно. У всех пациентов отсутствовала сенсорная фузия, бинокулярное зрение. Все пациенты были в состоянии ортотропии после проведенной операции по поводу содружественного сходящегося косоглазия.

Восстановление бинокулярных функций (бинокулярного зрения и сенсорной фузии) чаще происходило при использовании жидкокристаллических очков с использованием формулы расчета осцилляций ($p < 0,01$): сенсорную фузию

удалось восстановить у 13 (72,3%) пациентов из «Расчетной группы» и только у 5 (23,8%) пациентов из «Эмпирической группы».

На следующем этапе исследования была выполнена сравнительная оценка эффективности восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками и традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

Исследование включало 99 пациентов, которым была проведена операция по поводу содружественного сходящегося постоянного аккомодационного и неаккомодационного косоглазия в сети детских глазных клиник «Ясный Взор». Все пациенты были в состоянии ортотропии. На синоптофоре определялось отсутствие сенсорной фузии.

Пациенты были случайным образом разделены на две группы. Основная группа «Очки» состояла из 46 пациентов, получавших ортоптическое лечение методом попеременного разделения взора жидкокристаллическими очками; 53 пациента, получавших ортоптическое лечение на синоптофоре, были включены в контрольную группу «Синоптофор».

Лечение на синоптофоре проводилось стандартным методом: попеременно предъявлялись тест-объекты для слияния под объективным углом косоглазия курсами по 10 дней каждые 3 месяца (всего 3–4 курса).

Восстановление сенсорной фузии исследовали на синоптофоре. Период наблюдения составил 12 месяцев. Сравнимые группы были статистически однородны.

Отсутствие бинокулярного зрения было выявлено у всех исследуемых пациентов, на 4-точечном тесте определялось одновременное зрение.

Восстановление бинокулярных функций (бинокулярного зрения и сенсорной фузии) чаще происходило при использовании жидкокристаллических очков ($p < 0,000$): восстановить сенсорную фузию удалось у 32 (69,5%) пациентов из группы «Очки» и лишь у 11 (21%) пациентов из группы «Синоптофор». При этом сенсорная фузия в группе «Очки» имела тенденцию (недостовверную) к более быстрому восстановлению в среднем за $5,0 \pm 2,1$ [3–10] месяца по сравнению с $5,82 \pm 3,85$ [4–12] месяца в группе «Синоптофор».

Следующим этапом изучали возможность восстановления сенсорной фузии при ортоптическом лечении жидкокристаллическими очками у пациентов, у которых не удалось восстановить устойчивую сенсорную фузию традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре.

В исследование были включены 86 пациентов с ранее оперированным содружественным аккомодационным и неаккомодационным сходящимся косоглазием и отсутствием сенсорной фузии при исследовании на синоптофоре.

Первоначально все 86 пациентов получали лечение на синоптофоре. Эти пациенты составили группу «Синоптофор-2». Сенсорную фузию определяли до лечения и через 10 дней после каждого курса лечения. Ортоптическое лечение на синоптофоре проводили по общепринятой методике путем попеременного предъявления тест-объектов для слияния в течение 15 минут под объективным углом курсами по 10 дней каждые 3 месяца (4 курса).

Лечение жидкокристаллическими очками было назначено 43 пациентам, которые были объединены в группу «Очки-2». В нее вошли все пациенты из группы «Синоптофор-2», у которых не удалось восстановить устойчивую сенсорную фузию, за исключением 10 человек, которые отказались от данного метода лечения. Ортоптическое лечение жидкокристаллическими очками проходило ежедневно непрерывно в течение 6 часов в день до восстановления сенсорной фузии. Срок лечения – от 2 до 14 месяцев.

Сравниваемые группы не различались по исходным данным. Средний угол в группе «Синоптофор-2» составил $4,2 \pm 0,5$ градуса, в группе «Очки-2» – $3,8 \pm 0,6$ градуса, что создавало благоприятные условия для восстановления сенсорной фузии.

При исследовании на 4-точечном тесте все пациенты групп «Синоптофор-2» и «Очки-2» имели исходно одновременный характер зрения.

Ортоптическое лечение методом попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками оказалось намного более успешным, чем традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре. И бинокулярное зрение, и сенсорная фузия существенно чаще восстанавливались при использовании жидкокристаллических очков. Сенсорная фузия восстановилась в целом у 16 (18%)

пациентов из группы «Синоптофор-2» и 29 (67%) пациентов из группы «Очки-2» ($p < 0,000$). Время формирования устойчивой сенсорной фузии у детей группы «Синоптофор-2» составило в среднем $9,2 \pm 2,5$ месяца (от 6 до 16 месяцев), в то время как у 29 пациентов группы «Очки-2» на это потребовалось $6,8 \pm 2,5$ месяца (от 2 до 12 месяцев) ($p < 0,005$). Два пациента из группы «Синоптофор-2» и 12 пациентов из группы «Очки-2», у которых сразу не восстановилось бинокулярное зрение при устойчивой сенсорной фузии, проходили диплоптическое лечение, которое во всех случаях привело к формированию бинокулярного зрения за период $5,9 \pm 1,4$ месяца (от 3 до 8 месяцев).

Острота зрения и объективный угол косоглазия, измеренный на синоптофоре, в обеих группах остались без изменений. Наблюдалась бóльшая удовлетворенность лечением родителей пациентов группы «Очки» из-за отсутствия необходимости частого посещения лечебного учреждения.

Как показал проведенный сравнительный анализ, эффективность ортоптического лечения методом попеременного разобщения зрения жидкокристаллическими очками оказалась гораздо выше, чем лечение с использованием традиционного ортоптического лечения на синоптофоре. Жидкокристаллические очки, в отличие от ортоптического лечения на синоптофоре, не требуют от пациентов усидчивости и посещения лечебного учреждения. Отдельно стоит отметить высокую частоту восстановления бинокулярного зрения при использовании метода попеременного разобщения полей зрения жидкокристаллическими очками, что говорит о важности восстановления у детей сенсорной фузии для последующей реабилитации остальных бинокулярных функций, таких как бинокулярное и стереоскопическое зрение. Пациенты, которые носили жидкокристаллические очки, отмечали удобство и комфортные условия лечения, что приводило к более высокому комплаенсу со стороны детей и желанию лечиться жидкокристаллическими очками.

Также мы не исключаем, что данная эффективность опосредована более выраженным и значимым действием жидкокристаллических очков на зрительную систему пациента.

ВЫВОДЫ

1. Разработан новый оригинальный метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии с использованием современных технологий, заключающийся в попеременном разобщении взора жидкокристаллическими очками. У пациентов с отсутствием сенсорной фузии после операции по поводу содружественного сходящегося косоглазия с углом косоглазия до 10 градусов, измеренном на синоптофоре, метод позволяет восстановить сенсорную фузию в 67–72% случаев, что эффективнее существующих методик ортоптического лечения, которые позволяют восстановить сенсорную фузию в 24,8% случаев.

2. На основе метода видеоокулографии разработан способ индивидуального расчета частоты альтернирования жидкокристаллических очков для использования их в ортоптическом лечении с целью восстановления сенсорной фузии. Для восстановления сенсорной фузии новым методом ортоптического лечения путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками необходимо провести видеоокулографию на аппарате Gazelab, определить длительность установочного движения глазного яблока t_1 (мс) и латентного периода t_2 (мс). Максимальную частоту альтернирования ν в Гц рассчитывали по формуле

$$\nu = 500 / [(t_1 + t_2) + 40],$$

где t_1 – длительность установочного движения глазного яблока (берется бóльшая длительность установочного движения из двух глаз), мс

t_2 – период латентности установочного движения глазного яблока (берется бóльшая длительность установочного движения из двух глаз), мс.

40 – минимальное время, необходимое для визуализации между альтернированиями, мс. Указанное минимальное время определено на основе известных условий просмотра кинофильмов, предполагающих частоту 24 кадра в 1 с, и допускающих введение 25-го кадра, что соответствует длительности одного кадра 40 мс.

3. Доказана более высокая эффективность ортоптического лечения жидкокристаллическими очками для восстановления сенсорной фузии при программировании жидкокристаллических очков с использованием предложенной формулы расчета по сравнению с эмпирическим программированием. У пациентов с эмпирическим программированием сенсорная фузия восстанавливалась в 23,85% случаев, в группе с использованием предложенной формулы расчета в 72,3% случаев ($p < 0,01$).

4. Предложенный новый метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками у пациентов детского возраста при косоглазии показал более высокую эффективность по сравнению с традиционным ортоптическим лечением на синоптофоре. Восстановление бинокулярных функций (бинокулярного зрения и сенсорной фузии), чаще происходило при использовании жидкокристаллических очков ($P < 0,000$): у 11 пациентов (21%) из группы «Синоптофор» и у 32 пациентов (69,5%) из группы «Очки» удалось восстановить сенсорную фузию, при этом сенсорная фузия в контрольной группе восстанавливалась в среднем за $5,82 \pm 3,85$ месяцев [4–12], а в основной группе за $5,0 \pm 2,1$ месяцев [3–10].

5. Предложенный оригинальный метод ортоптического лечения для восстановления сенсорной фузии жидкокристаллическими очками эффективен у детей, у которых традиционное ортоптическое лечение на синоптофоре не было результативным. Бинокулярное зрение и сенсорная фузия существенно чаще восстанавливались при использовании жидкокристаллических очков. Сенсорная фузия восстановилась в целом у 16 пациентов (18%) из группы «Синоптофор-2» и 29 пациентов (67%) из группы «Очки-2». Время формирования устойчивой сенсорной фузии у детей группы «Синоптофор-2» составило в среднем $9,2 \pm 2,5$ [от 6 до 16] месяцев, в то время как у 29 пациентов группы «Очки-2» на это потребовалось $6,8 \pm 2,5$ [от 2 до 12] месяцев ($p < 0,005$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам с содружественным сходящимся косоглазием с углом косоглазия до 10 градусов и орторопией, а также после хирургического вмешательства после достижения состояния ортотропии и с отсутствием сенсорной фузии рекомендовано разобщение полей зрения методом попеременной окклюзии жидкокристаллическими очками для эффективного восстановления сенсорной фузии и бинокулярного зрения.

2. Для уточнения параметров индивидуального программирования жидкокристаллических очков рекомендуется проведение видеоокулографии с уточнением длительности установочного времени и использования данного параметра для расчета частоты разобщения взора попеременной окклюзией жидкокристаллическими очками.

ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ

Эффективность применения метода восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения взора жидкокристаллическими очками в дальнейшем необходимо изучить у пациентов с амблиопией средней и высокой степени, у пациентов с анизометропией более 2 диоптрий, изучить зависимость латентного периода и длительности установочного движения от возраста, остаточного угла косоглазия, остроты зрения и длительности ношения жидкокристаллических очков, а также изучить влияние негармонического разобщения взора при односторонней амблиопии с целью комплексного лечения нарушения сенсорной фузии при сочетании с амблиопией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов, С.Э. Современные подходы к коррекции рефракционных нарушений / С.Э. Аветисов // Вестник офтальмологии. – 2006. – № 1. – С. 3–8.
2. Аветисов, Э.С. Бинокулярное зрение. Клинические методы исследования и восстановления / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Клиническая физиология зрения: сборник трудов МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – М., 1993. – С. 199–209.
3. Аветисов, Э.С. Диплопия – принципиально новая система лечения содружественного косоглазия / Э.С. Аветисов // Вестник офтальмологии. – 1977 (а). – № 6. – С. 17–24.
4. Аветисов, Э.С. Метод усиления разобщения между аккомодацией и конвергенцией в лечении содружественного косоглазия / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. – 1989. – № 2. – С. 16–20.
5. 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.
6. Аветисов, Э.С. Руководство по детской офтальмологии / Э.С. Аветисов, Е.И. Ковалевский, А.В. Хватова. – М.: Медицина, 1987. – С. 495.
7. Аветисов, Э.С. Содружественное косоглазие / С.Э. Аветисов. – М.: Медицина, 1977. – С. 312.
8. Аветисов, Э.С. Упражнения по восстановлению рефлекса бификсации в диплоптическом лечении содружественного косоглазия / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. – 1979. – № 4. – С. 33–35.
9. Агагулян, С.Г. Нарушения сенсорной фузии у пациентов с косоглазием и способы ее восстановления / С.Г. Агагулян // Вестник медицинского стоматологического института. – 2024. – № 4 (71). – С. 4–11.
10. Азнаурян, И.Э. Восстановление сенсорной фузии у детей методом попеременного разобщения полей зрения / И.Э. Азнаурян, А.А. Шпак, В.О.

Баласанян, Э.И. Азнаурян, С.Г. Агагулян // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 118–123.

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. Малотравматичная техника хирургического лечения косоглазия STRABO care в реабилитации пациентов с косоглазием / И.Э. Азнаурян, В.О. Баласанян, А.А. Шпак [и др.] // Офтальмохирургия. – 2021. – № 4. – С. 38–44.

13. Азнаурян, И.Э. Новый метод восстановления сенсорной фузии путем попеременного разобщения полей зрения (предварительное сообщение) / И.Э. Азнаурян, А.А. Шпак, В.О. Баласанян, С.Г. Агагулян // Российская детская офтальмология. – 2018. – № 1. – С. 20–24.

14. Азнаурян, И.Э. Сравнение восстановления сенсорной фузии при различных типах программирования жидкокристаллических очков / И.Э. Азнаурян, А.А. Шпак, В.О. Баласанян, С.Г. Агагулян // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 121–124.

15. Азнаурян, И.Э. Сравнение эффективности восстановления сенсорной фузии при лечении на синоптофоре и жидкокристаллическими очками детей с оперированным содружественным косоглазием // Офтальмохирургия. – 2020 (б). – № 1. – С. 57–61.

16. 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.

17. Базарбаева, А.Р. Изучение эффективности применения лазерных спеклов в диплоптическом лечении и их влияние на состояние зрительных функций: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07 / Базарбаева Айдай Русланбековна. – М., 2016. – 25 с.

18. Григорян, А.Ю. Использование жидкокристаллических очков в диплоптическом лечении косоглазия: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / Григорян Алла Юрьевна. – М., 1998. – 116 с.
19. Григорян, А.Ю. Применение жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций / А.Ю. Григорян, Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко, Е.И. Ячменева // Вестник офтальмологии. – 1999. – № 1. – С. 27–28.
20. Евразийский патент № 000418 (13) S1 МПКО 16 Оклюдер для глаз электронный [окклюдер для глаз] / И.Э. Азнаурян, В.О. Баласанян, С.Г. Агагулян; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «МОДЕМИ КОМПОЗИТЫ И ТЕХНОЛОГИИ». – № 202340123 ; заявл. 02.06.2023 ; опубл. 13.12.2023. Бюл. № 12.
21. Егоров, Е.А. Офтальмология: учебник / Е.А. Егоров. – 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 272 с.
22. Зрительные функции и их коррекция у детей: Руководство для врачей / под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. – М., 2005. – С. 872 с.
23. Кащенко, Т.П. Использование феномена последовательных образов для борьбы с аномальной корреспонденцией сетчаток / Т.П. Кащенко // Материалы 1-й итоговой научно-практической конференции офтальмологов г. Москвы – М., 1965. – С. 190–192.
24. Кащенко, Т.П. О развитии исследований Э.С. Аветисова по проблеме глазодвигательной патологии и бинокулярного зрения // Российская педиатрическая офтальмология. – 2008. – № 1. – С. 7–11.
25. Кащенко, Т.П. Проблемы глазодвигательной и бинокулярной патологии / Т.П. Кащенко // Вестник офтальмологии. – 2006. – № 1. – С. 32–35.
26. Кащенко, Т.П. Состояние бинокулярных функций, аккомодационной способности глаз и их взаимодействие при содружественных формах косоглазия / Т.П. Кащенко, Т.А. Корнюшина, С.Л. Шаповалов, Н.М. Маглакелидзе // Российская педиатрическая офтальмология. – 2008. – № 2. – С. 30–33.

27. Кащенко, Т.П. Способ восстановления бинокулярного зрения на основе лазерных спеклов в диплоптическом лечении содружественного косоглазия / Т.П. Кащенко, Т.А. Корнюшина, А.Р. Базарбаева, М.Д. Магарамова, Р.Д. Кацанашвили // Вестник офтальмологии. – 2014. – № 5. – С. 48–52.

28. 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.

29. Кодзоева, Л.А.М. Современные методы лечения косоглазия у детей и подростков в амбулаторных условиях / Л.А.М. Кодзоева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 7–2(94). – С. 51–55.

30. Коломиец, В.А. Влияние бинокулярной фотостимуляции на состояние аккомодации, фузии, бинокулярного зрения у больных содружественным косоглазием и амблиопией / В.А. Коломиец, И.В. Фалинская // Офтальмология в начале 21 века. Материалы юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию клиники глазных болезней Саратовского государственного медицинского университета (Саратов, 19–21 сентября 2002 г.). – Саратов: Светопись, 2002. – Ч. 2. – С. 388–389.

31. Коломиец, В.А. Восстановление сенсорной фузии у пациентов с содружественным косоглазием и функциональной скотомой торможения / В.А. Коломиец, Т.Б. Панкратова // Офтальмологический журнал. – 2001. – № 2. – С. 43–46.

32. Коломиец, В.А. Новые методы восстановления бинокулярного и стереоскопического зрения у больных амблиопией / В.А. Коломиец // Офтальмология. – 2011. – № 363. – С. 67–70.

33. Коломиец, В.А. Новый метод восстановления стереоскопического глубинного зрения у детей с рефракционной амблиопией на основе бинокулярной фотостимуляции сетчаток паттернами с пространственно-глубинной ориентацией / В.А. Коломиец, Ю.Е. Гернага // Офтальмологический журнал. – 2006. – № 3 (1). – С. 209–211.

34. Коломиец, В.А. Новый способ восстановления монокулярных и бинокулярных сенсорных функций при монолатеральном и альтернирующем

косоглазии / В.А. Коломиец, Т.Б. Панкратова, Л.А. Бруцкая // Офтальмологический журнал. – 2001. – № 3. – С. 71–75.

35. Корнюшина, Т.А. Состояние стереоскопического зрения у детей с различными видами рефракции / Т.А. Корнюшина, Т.П. Кащенко, А.В. Ибрагимов // Офтальмохирургия. – 2012. – № 1. – С. 13–19.

36. Корнюшина, Т.А. Стереоскопическое зрение и методы его исследования / Т.А. Корнюшина, Т.П. Кащенко, А.В. Ибрагимов // Офтальмохирургия. – 2013. – № 1. – С. 76–79.

37. Кручинина, А.П. Статистическое исследование форм одиночного саккадического движения глаза / А.П. Кручинина, А.Г. Якушев // Фундаментальная и прикладная математика. – 2018. – Т. 22, № 2. – С. 195–207.

38. Маглакелидзе, Н.М. Состояние аккомодационной способности при содружественном косоглазии и возможности ее восстановления: дис. ... канд. мед. наук : 14.00.08 / Маглакелидзе Наталия Мерабовна. – М., 2008. – 158 с.

39. Матросова, Ю.В. Косоглазие: классификация, методы обследования и лечение / Ю.В. Матросова, Е.Ю. Кутимова, О.Л. Фабрикантов [и др.]. – Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2022. – 40 с.

40. Матросова, Ю.В. Методы исследования диплопии. Обзор литературы / Ю.В. Матросова, М.Г. Катаев // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 1. – С. 101.

41. Мягков, А.В. Распространенность нецентральной зрительной фиксации среди детей с офтальмологической патологией / А.В. Мягков, Д.М. Ярмamedов, И.В. Игнатова // The EYE Глаз. – 2025. – № 1.

42. Паркс, М.М. Анормальная корреспонденция сетчаток при косоглазии / М.М. Паркс // Нарушение бинокулярного зрения и методы его восстановления. – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С. 49–52.

43. Патент RU 134057 S МПКО 16-06; 24-01. Промышленный образец «Электронный окклюдер для глаз STRABO» / И.Э. Азнаурян, В.О. Баласанян, С.Г. Агагулян; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью

«МОДЕМИ КОМПОЗИТЫ И ТЕХНОЛОГИИ». – № 2022500488 ; заявл. 03.02.2022 ; опубл. 16.11.2022. Бюл. № 11.

44. Патент RU 2 354 337 C1 Российская Федерация МПК A61F 9/00; A61N 5/067 Способ восстановления бинокулярных функций при содружественном косоглазии / Т.П. Кащенко, Т.А. Корнюшина, С.Л. Шаповалов, Н.М. Маглакелидзе; Федеральное государственное учреждение «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи». – № 2008101558/14 ; завл. 22.01.2008 ; опубл. 10.05.2009.

45. Патент RU 2 756 662 C1 МПК A61F 9/00; A61F 9/02 Способ восстановления бифовеальной фузии при анизомоторике / И.Э. Азнаурян, В.О. Баласанян, Э.И. Азнаурян, С.Г. Агагулян; патентообладатель И.Э. Азнаурян. – № 2021107237 ; заявл. 13.03.2021 ; опубл. 04.10.2021.

46. Патент RU 2 297 812 C1 Российская Федерация МПК A61F 9/00 Способ восстановления бинокулярного зрения / Т.П. Кащенко, Е.И. Ячменева, Ю.Н. Овечкис, В.А. Елхов, И.Э. Рабичев; патентообладатель Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца. – № 2005128952/14 ; заявл. 19.09.2005 ; опубл. 27.04.2007. Бюл. № 12.

47. Патент РФ RU 2721888 C1 МПК A61F 9/00 Способ определения частоты альтернирования жидкокристаллических очков для восстановления сенсорной фузии / И.Э. Азнаурян, А.А. Шпак, В.О. Баласанян, Э.И. Азнаурян, С.Г. Агагулян; патентообладатель И.Э. Азнаурян. – № 2019143697 ; заявл. 25.12.2019 ; опубл. 25.05.2020.

48. Постольник, А.А. Оптимизация ортоптического лечения у детей с содружественным косоглазием / А.А. Постольник, Е.Ю. Маркова, А.Ю. Сафоненко [и др.] // Сборник проектов конкурса «Всероссийская научная школа «Медицина молодая»: III научно-образовательный форум, Москва, 07 декабря 2023 года. – М.: Международный фонд развития биомедицинских технологий им. В.П. Филатова, 2023. – С. 1588–1592.

49. Рычкова, С.И. Бинариметрия и жидкокристаллические очки в послеоперационной реабилитации детей с содружественным сходящимся косоглазием / С.И. Рычкова, А.Г. Щуко, В.В. Малышев // Офтальмохирургия. – 2008. – № 3. – С. 24–26.

50. Рычкова, С.И. Исследование состояния фузионной способности у детей с содружественным косоглазием в зависимости от времени возникновения косоглазия / С.И. Рычкова, Т.П. Кащенко, Н.Н. Бухарова // Сибирский медицинский журнал. – 1999. – № 4. – С. 37–39.

51. Рычкова, С.И. Исследование функциональной скотомы с помощью жидкокристаллических очков / С.И. Рычкова, А.В. Короленко // Сибирский медицинский журнал. – 2005. – С. 60–61.

52. Рычкова, С.И. Применение гиперкоррекции в диагностике и функциональном лечении у детей с содружественным косоглазием / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмология. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 442–450.

53. Рычкова, С.И. Результаты использования альтернирующего предъявления стимулов в ортоптическом лечении у детей / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмохирургия. – 2019. – № 2. – С. 50–58.

54. Рычкова, С.И. Результаты использования разных режимов предъявления стереостимулов в исследовании стереозрения у детей в норме и при содружественном косоглазии без функциональной скотомы подавления / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмология. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 296–308.

55. Рычкова, С.И. Современные представления о механизмах зрительной памяти (обзор литературы) / С.И. Рычкова, Н.И. Курышева, А.Б. Лавер, А.И. Толмачева // The EYE Глаз. – 2025. – № 1.

56. Рычкова, С.И. Фазовая гаплоскопия и особенности стереовосприятия при косоглазии / С.И. Рычкова // Вестник офтальмологии. – 2018. – № 4. – С. 11–16.

57. Рычкова, С.И. Функциональная коррекция содружественного косоглазия у детей раннего возраста / С.И. Рычкова, И.Э. Рабичев, А.И. Рабичева, П. Шомо, Т.П. Кащенко, Т.В. Головки // Сибирский медицинский журнал. – 2002. – С. 34–35.

58. Рычкова, С.И. Применение модифицированного теста Баголини в диагностике нарушений бинокулярного зрения / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмология. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 435–441.
59. Рычкова, С.И. Результаты исследования корреспонденции сетчаток у пациентов с содружественным косоглазием при разных способах разделения полей зрения / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмохирургия. – 2020. – № 1. – С. 62–70.
60. Селезнев, А.В. Восстановление бинокулярных зрительных функций при содружественном косоглазии у детей с использованием вращающихся призм и динамических цветовых стимулов: дис. ... канд. мед. наук : 14.01.07 / Селезнев Алексей Владимирович. – М., 2010. – 158 с.
61. Сергиевский, Л.И. Содружественное косоглазие и гетерофории / Л.И. Сергиевский. – М.: Медгиз, 1951. – С. 189–217.
62. Федеральные клинические рекомендации «Диагностика и лечение содружественного косоглазия» // Российская педиатрическая офтальмология. – 2015. – № 2. – С. 56–63.
63. Шпак, А.А. Стереоскопическое зрение на разных расстояниях / А.А. Шпак // Офтальмохирургия. – 2013. – № 1.
64. Ярбус, А.Л. Роль движения глаз в процессе зрения / А.Л. Ярбус ; Акад. наук СССР. Ин-т проблем передачи информации. – М.: Наука, 1965. – 166 с.
65. Akbari, M.R. The effect of alternate occlusion on control of intermittent exotropia in children / M.R. Akbari, A. Mirzajani, M.R. Moeinitabar, A. Mirmohammadsadeghi, M. Khorrami-Nejad, L. Sharbatoghli // European Journal of Ophthalmology. – 2020. – Vol. 30, № 2. – P. 275–279.
66. Ancona, C. Stereo tests as a screening tool for strabismus: which is the best choice? / C. Ancona, M. Stoppani, V. Odazio, C. La Spina, G. Corradetti, F. Bandello // Clinical Ophthalmology. – 2014. – Vol. 8. – P. 2221–2227.
67. Arguin, M. Stereopsis provides a constant feed to visual shape representation / M. Arguin, M. Aubin // Vision research. – 2023. – Vol. 204. – P. 108175.

68. Arnold, R.W. Management of Congenital Esotropia / R.W. Arnold, M.B. Strominger, A. Vagge, L.B. Nelson // Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus. – 2023. – Vol. 60, № 5. – P. 310–311.
69. Arnoldi, K. Beyond the cover test: the motor half of the sensorimotor exam / K. Arnoldi // American Orthoptic Journal. – 2017. – Vol. 63. – P. 57–62.
70. Aznauryan, I.E. New method of sensory fusion rehabilitation using intermittent occlusion with LCD glasses / I.E. Aznauryan, S.G. Agagulyan, E.I. Aznauryan, V.O. Balasanyan, A.A. Shpak // JAAPOS. – 2018; August. – Vol. 22, № 4. – P. e20.
71. Aznauryan, I.E. Strabismus rehabilitation-where surgery and orthoptic treatment are side by side / I.E. Aznauryan, S.G. Agagulyan, E.I. Aznauryan, V.O. Balasanyan, A.A. Shpak // JAAPOS. – 2021; August. – Vol. 25, № 4. – P. e53–e54.
72. Bagolini, B. Sensory anomalies in strabismus // British Journal of Ophthalmology. – 1974. – Vol. 58. – P. 313–318.
73. Banks, M.S. Sensitive period for the development of human binocular vision / M. S. Banks, R. N. Aslin, R. D. Letson // Science. – 1975. – Vol. 190, № 4215. – P. 675–677.
74. Barton, J.J. Vision therapy: Occlusion, prisms, filters, and vestibular exercises for mild traumatic brain injury / J.J. Barton, P.J. Ranalli // Survey of Ophthalmology. – 2021. – Vol. 66. – P. 346–353.
75. Bauer, A. The relevance of stereopsis for motorists: A pilot study / A. Bauer, et al. // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2001. – Vol. 239, № 6. – P. 400–406.
76. Bhardwaj, R.D. Neocortical neurogenesis in humans is restricted to development / R.D. Bhardwaj, M.A. Curtis, K.L. Spalding [et al.] // Proc Natl Acad Sci U S A. – 2006. – Vol. 103, № 33. – P. 12564–12568.
77. Bhate, M. Timing of surgery in essential infantile esotropia – What more do we know since the turn of the century? / M. Bhate, M. Flaherty, F.J. Martin // Indian Journal of Ophthalmology. – 2022. – Vol. 70, № 2. – P. 386–395.

78. Birch, E.E. Amblyopia and the whole child / E.E. Birch, K.R. Kelly // Progress in Retinal and Eye Research. – 2023. – Vol. 93. – P. 101168.
79. Birch, E.E. Binocular amblyopia treatment improves manual dexterity / E.E. Birch, S.E. Morale, R.M. Jost, C.S. Cheng-Patel, K.R. Kelly // Journal of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2023. – Vol. 27(1). P. 18.e1–18.e6.
80. Birch, E.E. Leveraging neural plasticity for the treatment of amblyopia / E.E. Birch, K.R. Duffy // Survey of ophthalmology. – 2024. – Vol. 69(5). – P. 818–832.
81. Birch, E.E. Recent Advances in Screening and Treatment for Amblyopia / E.E. Birch, K.R. Kelly, J. Wang // Ophthalmology and therapy. – 2021. Vol. 10(4). – P. 815–830.
82. Birch, E.E. Stereopsis and long-term stability of alignment in esotropia / E.E. Birch, D.R. Stager, P. Berry, J. Leffler // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2004. – Vol. 8. – P. 146–150.
83. Boersma, M. Intermittent Exotropia: The Effect of Alternating Occlusion Therapy on Control of Strabismus / M. Boersma // Journal of Binocular Vision and Ocular Motility. – 2024. – Vol. 74, № 2. – P. 78–83.
84. Calabrese, A. Ocular dominance column / A. Calabrese // Scholarpedia. – 2009. – Vol. 4 (3). – P. 2668.
85. Capobianco, M. The subjective measurement of the near point of convergence and its significance in the diagnosis of convergence insufficiency / M. Capobianco // American Orthoptic Journal. – 1952. – Vol. 2. – P. 40–42.
86. Chaumont, P. Apparition et variation de la diplopie / P. Chaumont // J. Fr. Orthoptique. – 1985. – Vol. 17. – P. 109–116.
87. Chaumont, P. L'inhibition a la relecture de Hamburger / P. Chaumont // J. Fr. Orthoptique. – 1995. – Vol. 27. – P. 27–36.
88. Chaumont, P. Lunettes alternantes a cristaux liquides / P. Chaumont // Brochure presentee au Congres International d'Orthoptique. – Cannes, 1983. – 23 p.

89. Ciner, E.B. Stereoacuity development: 6 months to 5 years. A new tool for testing and screening / E.B. Ciner // *Optometry and Vision Science*. – 1996. – Vol. 73. – P. 43–48.
90. Cleary, M. Assessment of a computer-based treatment for older amblyopes: the Glasgow Pilot Study / M. Cleary, A. Moody, A. Buchanan [et al.] // *Eye*. – 2009. – Vol. 23. – P. 124–131.
91. Clowry, G. Renewed focus on the developing human neocortex / G. Clowry, Z. Molnár, P. Rakic // *Journal of Anatomy*. – 2010. – Vol. 217, № 4. – P. 276–288.
92. 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. – Vol. 50 (7). – P. 821–825.
93. Creig, S.H. *Pediatric Ophthalmology and Strabismus* / S.H. Creig, D. Taylor. – 4th Edition. – Expert Consult. Elsevier. – 2012. – 1168 p.
94. Ding, J. A unified model for binocular fusion and depth perception / J. Ding, D.M. Levi // *Vision Research*. – 2021. – Vol. 180. – P. 11–36.
95. Economides, J.R. Interocular Suppression in Primary Visual Cortex in Strabismus / J.R. Economides, D.L. Adams, J.C. Horton // *Journal of Neuroscience*. – 2021. – Vol. 41, № 25. – P. 552.
96. Elhusseiny, A.M. Virtual reality prototype for binocular therapy in older children and adults with amblyopia / A.M. Elhusseiny, K. Bishop, S.J. Staffa, D. Zurakowski, D.G. Hunter, I.S. Mantagos // *J AAPOS*. – 2021 Aug. – Vol. 25 (4) – P. 217.e1–217.e6.
97. 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. – Vol. 19 (3). – P. 257–259.
98. Falcone, M.M. Emerging therapies for amblyopia / M.M. Falcone, D.G. Hunter, E.D. Gaier // *Semin Ophthalmol*. – 2021. – Vol. 19, № 36 (4). – P. 282–288.
99. Fawcett, S. Risk factors for abnormal binocular vision after successful alignment of accommodative esotropia / S. Fawcett, E. E. Birch // *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. – 2003. – Vol. 7. – P. 256–262.

100. Feng, X. Improvement in fusion and stereopsis following surgery for intermittent exotropia / X. Feng, X. Zhang, Y. Jia // *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. – 2015. – Vol. 52, № 1. – P. 52–57.
101. Fong, J.W. Evaluation and Management of Symptomatic Vertical Strabismus and Diplopia / J.W. Fong, L.A. Hahn-Parrott, R.M. Siatkowski // *Journal of Binocular Vision and Ocular Motility*. – 2022. – Vol. 72, № 4. – P. 226–229.
102. Fowler, C.W. Liquid crystals lens review / C.W. Fowler, E.S. Pateras // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 1990. – Vol. 10. – P. 186–194.
103. Ghasia, F. Amblyopia and fixation eye movements / F. Ghasia, J. Wang. // *Journal of the Neurological Sciences*. – 2022. – Vol. 441. – P. 120373.
104. Goss, D.A. Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: a manual of clinical analysis / D.A. Goss. – 2nd ed. – Newton, MA: Butterworth-Heinemann, 1995. – P. 14.
105. Gresset, J.A. Risk of accidents among elderly car drivers with visual acuity equal to 6/12 or 6/15 and lack of binocular vision / J.A. Gresset, F.M. Meye // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 1994. – № 14. – P. 33–37.
106. Hamer, R.D. The development of monocular and binocular VEP acuity / R.D. Hamer, A.M. Norcia, C.W. Tyler, C. Hsu-Winges // *Vision Results*. – 1989. – Vol. 29, № 4. – P. 397–408.
107. 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 [et al.] // *British Journal of Ophthalmology*. – 2016. – Vol. 100. – P. 1511–1516.
108. Hernández-Rodríguez, C.J. Active Vision Therapy for Anisometropic Amblyopia in Children: A Systematic Review / C.J. Hernández-Rodríguez, D.P. Piñero // *J Ophthalmol*. – 2020 Mar 23. – Vol. 2020. – P. 4282316.
109. Hess, R.F. Stereo Vision: The Haves and Have-Nots / R.F. Hess, T. Long, J. Zhou, G. Wang, J. R. Cooperstock // *Iperception*. – 2015. – Vol. 6, № 3. – P. 2041669515593028.

110. Hess, R.F. Towards a principled and efficacious approach to the treatment of amblyopia. A review / R.F. Hess // *Vision research*. – 2025. – Vol. 226. – P. 108503.
111. Hofslí, M. Strabismus surgery alleviates functional and psychosocial problems / M. Hofslí, T. Torp-Pedersen, C.S. Lønkvist, J.P. Saunte // *Ugeskrift for Læger*. – 2023. – Vol. 185, № 3. – P. V07220432.
112. Howard, I.P. *Binocular Vision and Stereopsis* / I.P. Howard, B.J. Rogers. – New York: Oxford University Press, 1995. – P. 751.
113. 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.
114. Hubel, D.H. *Brain and visual perception: The story of a 25-year collaboration* / D.H. Hubel. – New York: Oxford University press, 2005. – P. 729.
115. Jandó, G. Early-onset binocularity in preterm infants reveals experience-dependent visual development in humans / G. Jandó, E. Mikó-Baráth, K. Markó, K. Hollódy, B. Török, I. Kovacs // *Proc Natl Acad Sci U S A*. – 2012. – Vol. 109 (27). – P. 11049–11052.
116. Janeschitz-Kriegl, L. Strabismus Surgery of Consecutive Exotropia / L. Janeschitz-Kriegl, F. Roulez, M.M. Wipf, A. Palmowski-Wolfe // *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. – 2020. – Vol. 237, № 4. – P. 506–509.
117. Jinu, H. Real Stereopsis Test Using a Three-Dimensional Display with Tridef Software / H. Jinu, H. So Young, K. L. Seung, B. L. Jong, H. Sueng-Han // *Yonsei Medical Journal*. – 2014. – Vol. 55, № 6. – P. 1672–1677.
118. Joo, H.J. Comparison of sensory outcomes in patients with successful motor outcome versus recurrent exotropia after surgery for intermittent exotropia / H.J. Joo, J.J. Choi, J.W. Ro, D.G. Choi // *Scientific Reports*. – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 13195.
119. Kaneko, M. Production of brain-derived neurotrophic factor gates plasticity in developing visual cortex / M. Kaneko, M.P. Stryker // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2023. – Vol. 120, № 3. – P. e2214833120.

120. Khorrami-Nejad, M. Sensory Strabismus; A Literature Review / M. Khorrami-Nejad, A. Alghurab, M.R. Akbari, E. Azizi, B. Masoomian // Journal of Binocular Vision and Ocular Motility. – 2024. – Vol. 74, № 1. – P. 32–40.
121. Kushner, B.J. Forty-five Years of Studying Intermittent Exotropia – What Have I Learned? The WSPOS Keynote Strabismus Lecture, October 3, 2020 / B.J. Kushner // Journal of Binocular Vision and Ocular Motility. – 2022. – Vol. 72(3). – P. 131-138.
122. 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.
123. La Chioma, A. Disparity Sensitivity and Binocular Integration in Mouse Visual Cortex Areas / A. La Chioma, T. Bonhoeffer, M. Hübener // Journal of Neuroscience. – 2020. – Vol. 40, № 46. – P. 8883–8899.
124. Lai, Y.H. Development of visual acuity in preschool children as measured with Landolt C and Tumbling E charts / Y.H. Lai, H.Z. Wang, H.T Hsu // J AAPOS. – 2011. – Vol. 15 (3). – P. 51–255.
125. Lang, J. A new stereotest / J. Lang // Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus. 1983. – Vol. 20 (2). – P. 72–74.
126. 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.
127. Levi, D.M. Stereopsis and amblyopia: a mini review / D.M. Levi, D.C. Knill, D. Bavelier // Vision Research. – 2015. – Vol. 114. – P. 17–30.
128. Li, Q. Quantitative Evaluation of Binocular Visual Perception in Patients with Strabismus: An Observational Study / Q. Li, T. Fu, X. Ma, C. Ren, B. Guo, Z. Li // Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus. – 2023. – Vol. 60, № 2. – P. 120–130.
129. Li, S. Virtual reality-based vision therapy versus OBVAT in the treatment of convergence insufficiency, accommodative dysfunction: a pilot randomized controlled trial / S. Li, A. Tang, B. Yang, J. Wang, L. Liu // BMC Ophthalmol. – 2022 Apr 21. – Vol. 22 (1). – P. 182.
130. Lohia, K. Stereopsis following surgery in children with congenital and developmental cataracts: A systematic review and meta-analysis / K. Lohia, R.S. Soans,

D. Agarwal, R. Tandon, R. Saxena, T.K. Gandhi // *Surv Ophthalmol.* – 2023 Jan–Feb. – Vol. 68 (1). – P. 126–141.

131. Ma, M.M. Maintenance of normal fusion in intermittent exotropia / M.M. Ma, Y. Kang, M. Scheiman, Q. Chen, X. Ye, X. Chen // *Ophthalmic & Physiological Optics.* – 2021. – Vol. 41, № 1. – P. 33–41.

132. Ma, M.M.-L. Vision therapy for intermittent exotropia: A case series / M.M.-L. Ma, Y. Kang, C. Chen, C. Su, Z. Tian, M. Le // *Journal of Optometry.* – 2021. – Vol. 14. – P. 247–253.

133. Manna, P. Effects of Two Vision Therapy Approaches on Accommodative Insufficiency and Post-therapy Stability / P. Manna, S. Karmakar, A. Mondal, P. Sarbajna, G.K. Bhardwaj. *Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus.* – 2025. Vol. 62(1). – P. 12-26.

134. Martin, T.L. Fixation eye movement abnormalities and stereopsis recovery following strabismus repair / T.L. Martin, J. Murray, K. Garg, C. Gallagher, A.G. Shaikh, F.F. Ghasia // *Scientific Reports.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 14417.

135. McKee, S.P. The precision of binocular and monocular depth judgments in natural settings / S.P. McKee, D.G. Taylor // *Journal of Vision.* – 2010. – Vol. 10, № 10. – P. 5.

136. Mehner, L. Interventions for infantile esotropia / L. Mehner, S.M. Ng, J. Singh // *Cochrane Database of Systematic Reviews.* – 2023. – Vol. 1, № 1. – P. CD004917.

137. Milla, M. Characterization, passive and active treatment in strabismic amblyopia: a narrative review / M. Milla, D.P. Piñero // *International journal of ophthalmology.* – 2020. – Vol. 13(7). P. 1132–1147.

138. Milla, M. Long-Term Efficacy of the Combination of Active Vision Therapy and Occlusion in Children with Strabismic and Anisometropic Amblyopia / M. Milla, A. Molina-Martín, D.P. Piñero // *Children (Basel).* – 2022 Jul 7. – Vol. 9 (7). – P. 1012.

139. Mohnney, B.G. Subclinical markers of strabismus in children 5–18 years of age / B.G. Mohnney, L. Lepor, D.O. Hodge // *Journal of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus.* – 2021. – Vol. 25(3). – P. 139.e1–139.e5.

140. Nandagopal, P. Methodological variations in studies reporting normative data for binocular vision parameters: a scoping review protocol / P. Nandagopal, K. Srinivasan, J.R. Bhat, Thasmia // JBI Evidence Synthesis. – 2021. – Vol. 19(7). – P. 1749–1757.
141. Norcia, A.M. Spatial frequency sweep VEP: visual acuity during the first year of life / A.M. Norcia, C.W. Tyler // Vision Res. – 1985. – Vol. 25 (10). – P. 1399–1408.
142. Pasino, L. Area of binocular vision in anomalous retinal correspondence / L. Pasino, G. Maraini // British Journal of Ophthalmology. – 1966. – Vol. 50. – P. 646–650.
143. Piano, M. A pilot study examining density of suppression measurement in strabismus / M. Piano, D. Newsham // Strabismus. – 2015. – Vol. 23 (1). – P.14–21.
144. Piñero, D.P. Visual Performance of Children with Amblyopia after 6 Weeks of Home-Based Dichoptic Visual Training / D.P. Piñero, A. Gil-Casas, F.J. Hurtado-Ceña, A. Molina-Martin // Children (Basel). – 2024 Aug 17. – Vol. 11 (8). – P.1007.
145. Pirchio, M. Infant contrast sensitivity evaluated by evoked potentials / M. Pirchio, D. Spinelli, A. Fiorentini, L. Maffei // Brain Res. – 1978. – Vol. 141 (1). – P. 179–184.
146. Plaumann, M.D. Refining Clinical Quantification of Depth of Suppression in Amblyopia through Synoptophore Measurement / M.D. Plaumann, K.L. Roberts, W. Wei, C. Han, T.L. Ooi // Life (Basel). – 2023. – Vol. 13, № 9. – P. 1900.
147. Rakic, P. Neuroscience. No more cortical neurons for you / P. Rakic // Science. – 2006. – Vol. 313 (5789). – P. 928–929.
148. Rao, G. Relation between binocular vision alteration and prehension movements in children: a scoping review / G. Rao, L. Massa, I. Schiavetti, A. Vagge, P. Nucci, M. Giorgia Perinelli, P. Striano, M. Serafino // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2025. – Vol. 263(1). – P. 23–32.
149. Read, J.C.A. Stereopsis without correspondence / J.C.A. Read // Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences. – 2023. – Vol. 378(1869). – P. 20210449.

150. Ruttum, M. The Bagolini striated lens test for cyclotropia / M. Ruttum, G. K. von Noorden // *Documenta Ophthalmologica*. – 1984. – Vol. 58, № 1. – P. 131–139.
151. Scheiman, M. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders / M. Scheiman, B. Wick. – Philadelphia: JB Lippincott, 1994. – P. 270.
152. Scheiman, M. Interventions for convergence insufficiency: a network meta-analysis / M. Scheiman, M.T. Kulp, S.A. Cotter, J.G. Lawrenson, L. Wang, T. Li // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2020. – Vol. 12, № 12. – P. CD006768.
153. Scholl, B. Strabismus disrupts binocular synaptic integration in primary visual cortex / B. Scholl, A.Y. Tan, N.J. Priebe // *J. Neurosci.* – 2013. – Vol. 33. – P. 17108–17122.
154. Schultinga, L. Bagolini glasses: do they affect the horizontal prism fusion amplitude? / L. Schultinga, F. Burggraaf, J. R. Polling, M. Gutter // *Strabismus*. – 2013. – Vol. 21, № 2. – P. 127–130.
155. Seung-Hyun, K. Ultrastructural study of extraocular muscle tendon axonal profiles in infantile and intermittent exotropia / K. Seung-Hyun, Y. Sung-Tae, A. Cho Yoonae, U. Chang-Sub // *Acta Ophthalmol. Scand.* – 2006. – Vol. 84, № 12. – P. 182–187.
156. Shah, S.S. Validation of the Pediatric Vision Scanner in a normal preschool population / S.S. Shah, J.J. Jimenez, E.J. Rozema, M.T. Nguyen, M. Preciado, A.M. Mehta // *J AAPOS*. – 2021 Aug. – Vol. 25 (4). – P. 216.e1–216.e4.
157. Sharma, P. Efficacy of anti-suppression therapy in improving binocular vision in children with small angle esotropia / P. Sharma, S. Tibrewal, P.K. Singh, S. Ganesh // *Journal of Optometry*. – 2024. – Vol. 17, № 3. – P. 100490.
158. Singh, A. Factors Determining Improvement in Stereopsis and Binocularity After Good Postoperative Alignment in Patients with Childhood-Onset Strabismus / A. Singh, N. Patnaik, S.K. Mittal, A.S. Bhadoria, R. Panyala, R. Samanta, B. Kumar, O. Chawla // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, № 2. – P. e21964.
159. Singh, P.K. Results of fusional vergence therapy in managing consecutive esotropia: A case series / P.K. Singh, P. Sharma, S. Sharma, S. Ganesh // *Indian Journal of Ophthalmology*. – 2022. – Vol. 70, № 8. – P. 3050–3055.

160. Song, D. Pencil push-up training compared with binocular vision training in the management of slight post-operative under-correction of intermittent exotropia: A prospective study / D. Song, T. Pan, L. Zhou, J. Jing // *Indian Journal of Ophthalmology*. – 2024. – Vol. 72, № 8. – P. 1204–1209.
161. Sparks, D.L. The brainstem control of saccadic eye movements / D.L. Sparks // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2002. – Vol. 3. – P. 952–964.
162. Tailor, V. Binocular versus standard occlusion or blurring treatment for unilateral amblyopia in children aged three to eight years / V. Tailor, S. Ludden, M. Bossi, C. Bunce, J.A. Greenwood, A. Dahlmann-Noor // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2022. – Vol. 2, № 2. – P. CD011347.
163. 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. – Vol. 35 (2). – P. 544–553.
164. Turski, J. The horopter: Old and new / J. Turski // *Perception*. – 2023. – Vol. 52, № 6. – P. 412–422.
165. Tychsens, L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks / L. Tychsens // *J. AAPOS*. – 2005. – Vol. 9. – P. 510–521.
166. Vedamurthy, I. A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia / I. Vedamurthy, M. Nahum, S.J. Huang, F. Zheng, J. Bayliss, D. Bavelier, D.M. Levi // *Vision Research*. – 2015. – Vol. 114. – P. 173–187.
167. Vedamurthy, I. A psychophysical study of human binocular interactions in normal and amblyopic visual systems / I. Vedamurthy, C.M. Suttle, J. Alexander, L.J. Asper // *Vision research*. – 2008. – Vol. 48 №14. – 1522–1531.
168. 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.
169. Waddingham, P.E. Preliminary results from the use of the novel interactive binocular treatment (I-BiT) system, in the treatment of strabismic and anisometropic

amblyopia / P.E. Waddingham, T.K. Butler, S.V. Cobb [et al.] // Eye. – 2006. – Vol. 20. – P. 375–378.

170. Wang, B. Vision Therapy: A Primer and Caution for Pediatricians / B. Wang, E. Kuwera // Children (Basel). – 2022. – Vol. 9, № 12. – P. 1873.

171. Webber, A.L. Worth 4 Dot App for Determining Size and Depth of Suppression / A.L. Webber, T.R. Mandall, D.T. Molloy, L.J. Lister, E.E. Birch // Translational Vision Science & Technology. – 2020. – Vol. 9, № 4. – P. 9.

172. 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.

173. Wong, A. Anomalous Retinal Correspondence: Neuroanatomic Mechanism in Strabismic Monkeys and Clinical Findings in Strabismic Children / A. Wong, G. T. Lueder, A. Burkhalter, L. Tychsen // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2000. – Vol. 4. – P. 168–174.

174. Wright, K.W. Handbook of Pediatric Strabismus and Amblyopia / K.W. Wright, P.H. Spiegel. – New York: Springer, 2003. – P. 1084.

175. Wygnanski-Jaffe, T. An Eye-Tracking-Based Dichoptic Home Treatment for Amblyopia: A Multicenter Randomized Clinical Trial / T. Wygnanski-Jaffe, B.J. Kushner, A. Moshkovitz, M. Belkin, O. Yehezkel; CureSight Pivotal Trial Group // Ophthalmology. – 2023 Mar. – Vol. 130 (3). – P. 274–285.

176. Wygnanski-Jaffe, T. CureSight Pivotal Trial Group. Binocular Home Treatment for Amblyopia: Gains Stable for One Year / T. Wygnanski-Jaffe, A. Moshkovitz, B.J. Kushner, M. Belkin, O. Yehezkel // Am J Ophthalmol. – 2024 Jun. – Vol. 262. – P. 199–205.

177. Wygnanski-Jaffe, T. High-Adherence Dichoptic Treatment Versus Patching in Anisometropic and Small Angle Strabismus Amblyopia: A Randomized Controlled Trial / T. Wygnanski-Jaffe, B.J. Kushner, A. Moshkovitz, M. Belkin, O. Yehezkel; CureSight Pivotal Trial Group. // Am J Ophthalmol. – 2025 Jan. – Vol. 269. – P. 293–302.

178. Yagasaki, T. Relationship between stereopsis outcome and timing of surgical alignment in infantile esotropia / T. Yagasaki, Y. Yokoyama, M. Tsukui // Journal of AAPOS. – 2020. – Vol. 24, № 78. – P. 1–5.

179. Yang, J. The Development of Binocular Suppression in Infants / J. Yang, S. Kanazawa, M.K. Yamaguchi // Front Psychol. – 2020 Oct 23. – Vol. 11. – P. 558871.