

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
«МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.Н. ФЕДОРОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

АЛЕКСАНДРОВА КСЕНИЯ АНДРЕЕВНА

**РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕТЕЙ С АККОМОДАЦИОННЫМИ
НАРУШЕНИЯМИ И ГИПЕРМЕТРОПИЧЕСКОЙ
АНИЗОМЕТРОПИЕЙ И АМБЛИОПИЕЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗИК**

Специальность: 3.1.5 – офтальмология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

Куликова Ирина Леонидовна

Чебоксары – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1 Современное состояние проблемы развития и коррекции рефракционных нарушений (гиперметропии, амблиопии и анизометропии) в детском возрасте.....	15
1.1.1 Распространенность рефракционных нарушений в детской популяции.....	15
1.1.2 Этиология и патогенез гиперметропии, амблиопии и анизометропии.....	18
1.1.3 Консервативное лечение амблиопии. Возможности очковой коррекции и коррекции мягкими контактными линзами.....	22
1.1.4 Рефракционная лазерная хирургия в коррекции зрения рефракционных нарушений у детей.....	25
1.2 Аккомодационная функция глаза у детей в норме и при различных видах нарушений рефракции.....	28
1.2.1 Теории аккомодации.....	28
1.2.2 Патогенез аккомодационной функции.....	31
1.2.3 Особенности состояния аккомодационной функции у детей при различных видах нарушений рефракции.....	37
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
2.1 Дизайн исследования.....	40
2.2 Характеристика обследованных пациентов.....	43
2.3 Методы офтальмологического обследования пациентов.....	47
2.3.1 Стандартные методы обследования.....	47
2.3.2 Дополнительные методы обследования.....	48
2.4 Методы статистической обработки результатов.....	53

ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И АККОМОДОГРАММ У ПАЦИЕНТОВ С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗИК И С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ОПТИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ЛЕЧЕНИЕМ.....55

3.1 Анализ клинико-функциональных результатов у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением.....55

3.1.1 Анализ результатов остроты зрения55

3.1.2 Анализ результатов бинокулярных функций62

3.2 Анализ результатов коэффициентов аккомодограмм64

ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ АККОМОДАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА АВТОРЕФРАКТОМЕТРЕ ОТКРЫТОГО ПОЛЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЯ ТОЛЩИНЫ ЦИЛИАРНОЙ МЫШЦЫ НА ОПТИЧЕСКОМ КОГЕРЕНТНОМ ТОМОГРАФЕ У ПАЦИЕНТОВ С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ.....74

4.1 Разработка оптимизированного метода исследования объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией.....74

4.1.1 Разработка технологии объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией75

4.1.2 Анализ результатов объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей с анизометропической

амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением.....	77
4.2 Разработка метода исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией.....	85
4.2.1 Разработка технологии исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией	85
4.2.2 Анализ результатов амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением	88
4.2.3 Анализ результатов толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка у детей с гиперметропией, анизометропией, амблиопией и у детей с эмметропией.....	93
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ АККОМОДАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ПАРНОГО ВЕДУЩЕГО ГЛАЗА У ДЕТЕЙ С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗИК И С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ.....	97
ГЛАВА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕТЕЙ С АККОМОДАЦИОННЫМИ НАРУШЕНИЯМИ, АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ НА ОСНОВЕ КОРРЕКЦИИ РЕФРАКЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ И ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПТИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ЛЕЧЕНИЯ.....	111
6.1 Разработка алгоритма реабилитации детей с аккомодационными нарушениями, анизометропической амблиопией и гиперметропией на основе	

коррекции рефракционных нарушений и индивидуального оптико-функционального лечения.....	111
6.2 Клинические примеры функциональной реабилитации пациентов с аккомодационными нарушениями, анизометропической амблиопией и гиперметропией.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	125
ВЫВОДЫ.....	141
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	143
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	145
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	147

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Охрана здоровья детей является приоритетным направлением здравоохранения Российской Федерации. Врожденные аномалии рефракции остаются одной из серьезных и актуальных проблем офтальмологии и наиболее частой причиной нарушения зрения у детей во всем мире.

В Российской Федерации распространенность зрительных нарушений у детей достигает 16,0 на 10 тыс. детского населения (Катаргина Л. А., 2012). Частота гиперметропии составляет 27% (Александрова Г. А., Поликарпов А. В., Голубев Н. А., 2013). Встречаемость анизометропии в сочетании с гиперметропией высока и может достигать 54,8% случаев (Wolffsohn, J. S., 2011). У детей с высокой анизометропией и амблиопией при поздней диагностике и отсутствии лечения зачастую развиваются тяжелые стойкие нарушения зрительных функций (Сидоренко Е. И., 2016; Paysse E. A., 2004; Astle W. F., 2002).

Несмотря на то, что гиперметропическая анизометропия свыше 1,5 дптр встречается только у 3% детей (Гончарова, С. А., 2015; Kasmann-Kellner В., 1998), у этих пациентов наблюдаются стойкие аккомодационные нарушения в виде постоянного напряжения аккомодации как на близком, так и на дальнем расстоянии (Шоповалов С. Л., 2005). По данным исследований, основными видами нарушений аккомодации являются слабость аккомодации, привычно-избыточное напряжение аккомодации (Аветисов Э. С., 1988; Бржеский В. В., 2021; Воронцова Т. Н., 2017), а также комбинированные нарушения аккомодации (Балалин С. В., Труфанова Л. П., 2019), при этом значительно выше риск появления дезадаптации в виде астенопических жалоб, нарушения бинокулярных функций, появления косоглазия (Кащенко Т. П., Аветисов Э.С., 2006; Тарутта Е. П., Проскурина О. В., Иомдина Е. Н., Страхов В. В., 2015).

При недостаточном тоне аккомодации нередко возможно формирование амблиопии (Chen A. M., 2018; Singman E., 2013). При наличии амблиопии глаз пытается отвечать на зрительные стимулы, но резервы истощаются, и аккомодация снижается, особенно при гиперметропии высокой степени (Manh V., Chen A. M., Tarczy-Hornoch K. et al., 2015). Таким образом, при анизометропии аккомодация амблиопичного глаза «отстает» от лучше видящего глаза, что приводит к развитию анизоаккомодации (Toor S., 2012). Слабость аккомодации в амблиопичном глазу может быть обусловлена низкой остротой зрения или потерей чувствительности в центральной области сетчатки из-за контрастной депривации амблиопичного глаза при анизометропии (Bharadwaj S. R., Candy T. R., 2011). Несмотря на потенциальную важность анизоаккомодации в лечении амблиопии, она остается крайне малоизученной.

Активное плеоптическое лечение с развитием резервов аккомодации наиболее эффективно при гиперметропии до +3,0 дптр и астигматизме до 1,5–2,0 дптр, успех лечения при анизометропии более 3,0 дптр достигается в среднем в 10–20% случаев (Paysse E. A., Tychsen L., Stahl E., 2012). Проблематичность традиционного лечения аккомодационных нарушений при сложных врожденных нарушениях у детей заключается в трудности обеспечения полной коррекции (Митронина М. Л., Агафонова В. В., Потапова Л. С., 2013) вследствие наличия непереносимой анизейкнии при очковой коррекции или трудностей, связанных с ношением контактных линз у детей младшего возраста, низкой информированности родителей в отношении контактной коррекции зрения (Маркова Е. Ю., Перфильева Е. А., 2020; Лещенко И. А., 2016) и нарушения комплаентности лечения. Кроме этого, следует принимать во внимание, что при анизометропии всегда существует риск снижения зрения на ведущем глазу. Вышерассмотренные проблемы консервативного лечения и успешное развитие лазерных технологий в коррекции аметропий у взрослых (Костенев С. В., 2009; Reinstein D., 2016; Ремесников И. А., 2013; Donnenfeld D., 2016) мотивируют офтальмологов на

поиски альтернативных методов коррекции рефракционной ошибки, что обуславливает рост интереса специалистов к рефракционным операциям у детей (Balakrishnan A., 2018; Куренков В. В., Маркова Е. Ю., Куренкова Н. В., 2016; Куликова И. Л., 2004; Ивашина А. И., 1984).

Вовремя выявленные проблемы и назначенное лечение дают шанс для полноценного развития зрительных функций у детей (Ефимова Е. Л., 2011). В нашей стране и за рубежом активно ведутся исследования по анализу аккомодационных нарушений у детей и взрослых с миопией (Тарутта Е. П., 2016; Страхов В. В., 2019; Мушкова И. А., 2018; Жукова О. В., 2022;), в то же время аналогичных исследований у детей с анизометропией и гиперметропией значительно меньше (Фабрикантов О. Л., Матросова Ю. В., 2018; Toor S., 2019). В связи с этим имеются трудности со своевременным обнаружением анизометропии и аккомодационных нарушений на этом фоне.

Современные методики исследования аккомодации не учитывают наличие амблиопии, их выполнение затруднено при низкой остроте зрения, что может привести к ошибке выполнения метода диагностики, интерпретации результатов диагностического обследования и выбора тактики лечения. На сегодняшний день отсутствует единообразный подход в диагностике аккомодационных нарушений при врожденных сложных аметропиях, особенно высокой степени, не выработан алгоритм по ведению и реабилитации данных пациентов, не исследовано влияние различных способов коррекции на изменение аккомодации, не определено влияние рефракционного компонента на цилиарную мышцу и отсутствует возрастная норма ее толщины.

Цель исследования

Цель исследования – разработать технологию диагностики и лечения аккомодационных нарушений у детей с гиперметропией, анизометропией и

амблиопией после фемтолазерного интрастромального кератомилеза (ФемтоЛАЗИК).

Задачи исследования

1. На основании сравнительного анализа клинико-функциональных результатов ФемтоЛАЗИК с результатами оптической коррекции у детей с гиперметропией и анизометропией определить эффективность проводимого лечения и компьютерной аккомодометрии.

2. Разработать оптимизированную технологию исследования объективного аккомодационного ответа и запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля и доказать ее эффективность в диагностике у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией.

3. Разработать методику исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка и доказать ее эффективность в диагностике у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией.

4. На основании сравнительного анализа аккомодационных функций оценить влияние ФемтоЛАЗИК и оптической коррекции на данные показатели в парном ведущем глазу.

5. Разработать алгоритм реабилитации детей с аккомодационными нарушениями, гиперметропической анизометропией и амблиопией на основе коррекции рефракционных нарушений и индивидуального оптико-функционального плана лечения.

Научная новизна

1. Впервые определено влияние различных способов коррекции на клинико-функциональные результаты и аккомодационные нарушения у детей

с анизометропической амблиопией и гиперметропией, выявлено, что улучшение показателей аккомодации напрямую влияет на повышение остроты зрения и увеличивает эффективность лечения амблиопии у детей.

2. Впервые изучена взаимосвязь клинико-функциональных данных и изменений аккомодации у детей после ФемтоЛАЗИК с комплексным оптико-функциональным лечением.

3. Впервые выполнен сравнительный анализ показателей толщины цилиарной мышцы и амплитуды ее колебания в условиях статической и динамической аккомодации у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией в группах сравнения с детьми с эмметропией с помощью ОКТ переднего отрезка.

4. Впервые проведено сравнение объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией в группах сравнения с пациентами с эмметропией на авторефрактометре открытого поля.

Практическая значимость работы

1. Разработанная методика исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью ОКТ переднего отрезка у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией позволяет оценить эффективность проводимого лечения за счет непосредственной визуализации работы цилиарной мышцы.

2. Определенные с помощью ОКТ переднего отрезка показатели толщины цилиарной мышцы у пациентов 7–11 лет с эмметропией могут быть исследованы в качестве нормативных.

3. Разработанная и внедренная в практику модифицированная методика исследования объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации при помощи авторефрактометра открытого поля

позволяет минимизировать риск диагностических ошибок в амблиопичном глазу при высокой степени анизометропии.

4. Разработанный подход к диагностике аккомодационных нарушений у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией и разработанный алгоритм их реабилитации позволяют дифференцированно подходить к тактике лечения данных пациентов с учетом типа исходного аккомодационного нарушения.

Методология и методы исследования

Методологической основой диссертационной работы явилось последовательное применение методов научного познания. Работа выполнена в дизайне клинического проспективного исследования с использованием клинических, инструментальных, аналитических и статистических методов исследования.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Разработанный алгоритм диагностики и лечения аккомодационных нарушений у детей с гиперметропией, анизометропией и амблиопией, заключающийся в обеспечении максимально возможной полной очковой или контактной коррекции, диагностике объективного аккомодационного ответа и запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля по оптимизированной технологии, определении амплитуды колебания цилиарной толщины мышцы по разработанный методике на ОКТ переднего отрезка и коэффициентов аккомодограмм на аккомодографе, позволяет минимизировать риск диагностических ошибок и обеспечивает дифференцированный подход к аппаратному лечению с учетом типа

исходного аккомодационного нарушения для достижения эффективности в повышении клинико-функциональных данных и улучшении функции аккомодации.

2. Сочетание рефракционной операции, создающей условия для полной оптимальной коррекции и устранения анизометропии, а также лечения нарушения аккомодации на амблиопичном глазу, позволяет достигнуть значимого повышения клинико-функциональных результатов, в отличие от традиционных методов коррекции, сокращает сроки зрительной реабилитации и способствует формированию бинокулярного зрения у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, обеспечивая их полноценную социальную реабилитацию.

Внедрение результатов диссертации в практику

Основные положения работы внедрены в клиническую практику филиалов ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Минздрава России, используются при обучении на курсах лекций сертификационного цикла усовершенствования врачей последипломного образования ГАУ ЧР ДПО «Институт усовершенствования врачей» Министерства здравоохранения Чувашской Республики.

Апробация работы

Основные материалы работы доложены и обсуждены в период с 2021 по 2023 год: на межрегиональной научно-практической конференции «Нарушения аккомодации. Диагностика и лечение» (Волгоград, 2021); 56-й научно-практической офтальмологической конференции (Ульяновск, 2021); Международной конференции «Восток – Запад» (Уфа, 2021, 2022); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с

международным участием «Федоровские чтения» (Москва 2021, 2022); научной конференции офтальмологов с международным участием «Невские горизонты – 2022» (Санкт-Петербург, 2022); научно-практической конференции «Новые технологии в офтальмологии» (Казань, 2023); VII научно-практической конференции по детской офтальмологии и оптометрии «Kids Vision» (Москва, 2023); 23-м Всероссийском научно-практическом конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной, рефракционной и роговичной хирургии» (Москва, 2023).

Личное участие соискателя в получении научных результатов, изложенных в диссертации

Диссертант принимал непосредственное участие в постановке цели, задач и разработке дизайна исследования, проводил отбор пациентов, комплексное диагностическое обследование с использованием современного оборудования и их лечение. Автором самостоятельно сформирована база данных, анализ и интерпретация полученных результатов.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, из них 5 – в научных журналах, рецензируемых ВАК РФ. Получено 2 патента РФ (№ 2023115939 и № 2022118099), 1 заявка на патент.

Реализация результатов работы

Основные положения работы внедрены в клиническую практику диагностического центра Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Минздрава России,

а также включены в курс лекций сертификационного цикла усовершенствования врачей.

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 169 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, трех глав собственных исследований, заключения, выводов и списка литературы. Содержит 22 таблицы и 28 рисунков. Список литературы включает 155 источников, из них 71 публикаций отечественных и 84 зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современное состояние проблемы развития и коррекции рефракционных нарушений (гиперметропии, амблиопии и анизометропии) в детском возрасте

1.1.1 Распространенность рефракционных нарушений в детской популяции

Одними из актуальных задач здравоохранения являются сохранение зрения у детей, профилактика слепоты и слабовидения, снижение уровня инвалидности [9; 145]. В настоящее время в числе основных причин зрительных расстройств у лиц детского возраста выделяют аномалии рефракции. Термин «рефракционные нарушения» – это собирательное понятие, объединяющее дефекты оптической системы глаза, которые проявляются выраженной в различной степени дефокусировкой лучей света относительно сетчатки и являются следствием определенного сочетания анатомо-оптических элементов и/или их изменений различного генеза [1]. В структуре рефракционных нарушений можно выделить четыре основных блока: первичные аметропии (абберации низшего порядка), вторичные или индуцированные аметропии, нарушения аккомодации и абберации высшего порядка [45].

Изучение факторов риска различных заболеваний, в том числе органа зрения, с годами не теряет своей актуальности, поскольку своевременное устранение комбинации факторов, которые имеют доказанное влияние на формирование патологии, предупреждает рост показателя детской инвалидности [117; 126].

Аномалии рефракции являются наиболее распространенной причиной нарушения зрения в первые годы жизни. Частота аномалий рефракции, о

которых сообщают различные исследования, варьируется в зависимости от возрастных и этнических групп исследуемого населения. Раса, географический район, возрастные рамки, образование родителей и т.д. по-разному влияют на частоту аномалий рефракции в разных группах населения.

Наиболее распространенной аномалией рефракции в детском возрасте является гиперметропия. При гиперметропии высокой и средней степени, когда дети не могут успешно справиться с фокусировкой рассматриваемых объектов с любого расстояния, а также при аккомодационной и бинокулярной дисфункции, могут развиваться осложнения в виде аккомодационной эзотропии, анизометропии, амблиопии [109].

Анизометропия, представляющая собой патологию клинической рефракции глаза, при которой разница преломляющей силы между глазами превышает 2 дптр, является одним из проявлений асимметрии [112]. Анизометропия может быть осевой, причиной которой становится разница осевой длины между глазами, и рефракционной, заключающейся в различном преломлении оптической системы глаз. Анизометропия наблюдается у 35–45% лиц с гиперметропией. При гиперметропической амблиопии анизометропия встречается в 89,3–96,3% случаев [7].

Амблиопия, в свою очередь, это различные по происхождению формы понижения остроты зрения, причиной которых являются функциональные нарушения при отсутствии каких-либо видимых патологических изменений со стороны оптических сред, сетчатки и зрительного нерва. Амблиопия вызывает широкий спектр нарушений, выходящих за рамки клинического исследования, основанного только на определении остроты зрения. При амблиопии происходит снижение контрастной чувствительности на высоких и средних пространственных частотах, нарушение чувствительности к изменениям формы, отсутствие чувства глубины и пространственного зрения [17].

Значимость обсуждаемой проблемы обусловлена распространенностью рефракционных нарушений. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), указанная патология занимает до 6% в структуре

детской инвалидности по зрению [56]. Распространенность выявленных рефракционных нарушений у детей составляет около 65% [51]. В Российской Федерации распространенность зрительных нарушений у детей достигает 16,0 на 10 тыс. детского населения, слепоты на один и оба глаза – 5,0 и 2,0 соответственно. Инвалиды по зрению с детства в России составляют 20,7% общего числа инвалидов по зрению. По данным мониторинга 2011–2017 гг, более 1 млн детей страдают нарушениями зрения: миопией, гиперметропией, астигматизмом [24]. По данным исследования Hashemi Н. (2017), распространенность миопии, гиперметропии и астигматизма у детей составила 11,7% (95% ДИ: 10,5–13,0), 4,6% (95% ДИ: 3,9–5,2) и 14,9% (95% ДИ: 12,7–17,1) соответственно. Уровень распространения миопии колебался от 4,9% (95% ДИ: 1,6–8,1) в Юго-Восточной Азии до 18,2% (95% ДИ: 10,9 – 25,5) в Западно-Тихоокеанском регионе, процент встречаемости гиперметропии варьировал от 2,2% (95% ДИ: 1,2–3,3) в Юго-Восточной Азии до 14,3% (95% ДИ: 13,4–15,2) в Америке, а распространенность астигматизма – от 9,8% в Юго-Восточной Азии до 27,2% в Америке [103].

У детей раннего возраста преобладающим видом рефракции является гиперметропия, уровень которой снижается по мере взросления. Частота встречаемости гиперметропии зависит от пола, возраста, популяционных групп и критериев проводимого анализа, методологии и дизайна исследования и варьирует от 4,4 до 57% среди всех аметропий [80]. Согласно исследованию, проведенному Ip J. (2008), распространенность гиперметропии среди детей в возрасте 6 лет составила 13,2%, а в 12 лет – 5,0%. Гиперметропия чаще наблюдается у детей европеоидной расы (15,7%), чем у детей других этнических групп (6,8%) [125]. В России показатель распространенности гиперметропии также сильно варьирует в зависимости от вида исследования и составляет до 55% всех рефракционных нарушений [75]. При этом гиперметропия свыше 4,0 дптр составляет около 1%, сопровождаясь значительным нарушением и снижением зрительных функций. Проведенные исследования у детей с гиперметропией высокой степени показали

значительную незрелость зрительного анализатора, включая его корковую часть, что позволяет рассматривать такое состояние как рефракционную инвалидность [81].

Амблиопия является ведущей причиной ухудшения зрения у детей с распространенностью от 1,5 до 4%. В России частота амблиопии составляет 2,0 – 2,5% в общей популяции. По данным мировой литературы, от 1 до 10% детей страдают этой патологией, причем при косоглазии частота амблиопии повышается до 12–90% случаев. Из всех видов амблиопий при гиперметропии рефракционная амблиопия отмечается в 49,73%, дисбинокулярная – в 29,19%, анизометропическая – в 21,08% случаев [103].

1.1.2 Этиология и патогенез гиперметропии, амблиопии и анизометропии

Дети с аномалиями рефракции имеют значительную долю анизометропии, являющейся основной причиной амблиопии. Амблиопия – серьезная проблема нарушения зрения у детей, которая без своевременного лечения сохраняется на протяжении всей жизни, поскольку не поддается коррекции в раннем периоде [138].

Гиперметропия является наиболее распространенным типом аномалий рефракции, но многие аспекты ее развития и последующего влияния на лечение в детском возрасте плохо изучены [119]. Возникновению гиперметропии способствует широкий спектр факторов, включая этническую принадлежность и социально-экономическое развитие.

Исследования рефракции показали, что большинство изменений происходит в течение первого года жизни, при этом основополагающая роль в процессе эмметропизации принадлежит изменению осевой длины [79; 115]. Основное влияние на процесс эмметропизации оказывают гиперметропический и миопический дефокусы, которые были изучены на большом количестве экспериментальных работ на цыплятах, землеройках и т.

д. Процесс эмметропизации контролируется амакриновыми клетками, которые в ответ на ускоренный рост глаза выделяют дофамин, усиливающий поток химических веществ через сосудистую оболочку глаза к склере. Это, в свою очередь, вызывает увеличение синтеза протеогликанов, которые укрепляют целостность структуры склеры. Нарушение процесса эмметропизации приводит к рефракционным нарушениям. Рядом авторов было показано, что с помощью относительной периферической гиперметропической дефокусировки, созданной мультифокальными мягкими контактными линзами, можно способствовать ускорению роста длины глаза у детей с гиперметропией [36; 82].

В развивающемся человеческом глазу анизометропия считается причинным фактором в патогенезе амблиопии и гетеротропии. Считается, что от 6 до 38% всех случаев амблиопии вызваны анизометропией без гетеротропии, тогда как примерно у 12–18% детей с гетеротропией это сопровождается анизометропией [33].

Однако данные о распространенности анизометропии и ее осложнений у детей редки и расходятся. Если раннее развитие гиперметропии не проходит спонтанно в течение первых полутора лет жизни, может развиваться сходящееся косоглазие с анизометропией и амблиопией. Гипотеза, вытекающая из перекрестных исследований в этой области, предполагает, что анизометропия является фактором риска развития аккомодационного сходящегося косоглазия. Диагноз этой эздевиации часто ставится одновременно с обнаружением амблиопии и анизометропии, поэтому невозможно получить убедительных доказательств причинно-следственных связей между ними [90].

Незначительная степень анизометропии остается незамеченной и не вызывает каких-либо существенных проблем со зрением. Однако анизометропия более 1,5 дптр при отсутствии должной коррекции может привести к амблиопии и развитию гетеротропии [31].

На зрительный стимул отрицательно влияет наличие значительной анизометропии у детей, поскольку одна из макул получает относительно

размытое изображение. Более четкое изображение лучшего глаза обрабатывается зрительными путями и корой головного мозга, в то время как то же самое со стороны размытого изображения подавляется, что приводит к развитию амблиопии. Чем выше степень анизометропии и чем дольше она остается неисправленной, тем тяжелее амблиопия поддается лечению. Вероятность успеха лечения амблиопии после 10 лет мала. Таким образом, анизометропию необходимо выявлять и устранять в раннем возрасте [49].

Анизометропия сопровождается анизометропией, расстройствами бинокулярных функций, косоглазием и является одной из наиболее частых причин амблиопии [76]. Частота встречаемости анизометропии увеличивается между 5 и 15 годами, когда у детей повышается риск развития миопии. Однако было обнаружено, что анизометропия сопутствует как миопии, так и гиперметропии, что позволяет предположить, что для развития анизометропии, особенно при гиперметропии, могут существовать другие механизмы [89]. Анизометропия до 1,5–2,0 дптр встречается примерно у 3% детей. Анизометропия свыше 3,0 дптр способствует развитию амблиопии в 60% случаев [67].

По данным исследований, рефракционная амблиопия возникает в связи с нечеткостью зрительного восприятия из-за несоответствующей рефракции. Амблиопия развивается при всех случаях некорригированной гиперметропической анизометропии от 4,0 дптр и миопической анизометропии от 6,0 дптр [101]. Гиперметропическая анизометропия встречается чаще миопической, при этом острота зрения 0,1 и ниже составляет до 64% случаев [100]. Как правило, при гиперметропии или астигматизме вероятность развития амблиопии выше, чем миопии, поскольку миопический глаз по-прежнему будет иметь в фокусе близкие объекты [123].

Амблиопия включает снижение остроты зрения, контрастной чувствительности, восприятия глубины и аномалий эфферентной функции, такой как нецентральная фиксация [102].

Однако анизометропы и аметропы не всегда являются амблиопами. Связь

между аномалиями рефракции и амблиопией до сих пор не ясна. Вопрос о том, связана ли величина аномалии рефракции с амблиопией, остается спорным.

Изучение нейрофизиологических механизмов, сопровождающих этот патологический процесс, до сих пор вызывает заинтересованность ученых и клиницистов, однако, патогенез амблиопии остается недоказанным. Так, во время исследования высших отделов зрительного анализатора у пациентов с амблиопией были выявлены изменения со стороны биоэлектрической активности мозга [21]. Авторы отмечали увеличение латентности и снижение амплитуды потенциалов со стороны амблиопичного глаза. Особенности динамики потенциалов при односторонней обскурационной и рефракционной амблиопии свидетельствуют об изменениях процессов восприятия и переработки зрительной информации на уровне зрительной коры [5]. Анализ данных электроэнцефалограммы у детей с рефракционной амблиопией в ряде проведенных исследований существенных нарушений не обнаружил, за исключением ослабленной реакции фоновой электроэнцефалограммы при ослаблении регуляции движений глаз со стороны ретикулярной формации ствола мозга.

Таким образом, в раннем детском возрасте происходит интенсивный рост и развитие всех систем организма ребенка, в том числе анализаторов, в частности зрительного анализатора. Для правильной коррекции рефракционных нарушений необходимо раннее выявление их причины. Точная этиология всех аномалий рефракции, включая гиперметропию, амблиопию и анизометропию, до сих пор не установлена. Ни один отдельный этиологический фактор не может быть точно определен в аномалиях рефракции, скорее, они считаются результатом сочетания множества генетических факторов и факторов окружающей среды.

1.1.3 Консервативное лечение амблиопии. Возможности очковой коррекции и коррекции мягкими контактными линзами

Только индивидуально подобранное, раннее и регулярное лечение амблиопии может дать положительные результаты [2]. До недавнего времени считалось, что лечение амблиопии эффективно только в критический период развития зрения, обычно в возрасте до 7–8 лет [144], однако в настоящее время имеются данные, показывающие эффективность лечения у детей более старшего возраста [92]. В то же время у 25% детей, успешно проходивших лечение амблиопии, возникает регресс [95]. Очковая коррекция – один из классических методов лечения, который обычно используют на начальном этапе лечения амблиопии, гетеротропии и нарушений рефракции. Очковая коррекция способствует стимуляции зрительных функций у детей для нормализации развития зрения и бинокулярных функций [15; 50].

Группа исследователей педиатрических глазных заболеваний (PEDIG), Кооперативная группа по изучению окклюзионного лечения амблиопии (MOTAS Cooperative) и другие авторы утверждали, что оптическое лечение является хорошей терапией первой линии при анизометропической амблиопии [148]. Улучшение максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) амблиопичного глаза максимально в течение первых 15 недель, когда достигается плато на кривой зрения, после МКОЗ повышается медленно [120].

Метаанализ, проведенный Asper. L. с соавт. (2018), основанный на 29 статьях, показал, что умеренный и значимый эффект лечения амблиопии может встречаться среди детей младшего и старшего возраста, независимо от типа амблиопии. Основным моментом лечения амблиопии является оптическое лечение, которое позволяет улучшить приверженность к дальнейшему лечению [77].

Значение рефракционной адаптации в лечении амблиопии подтверждается работой Stewart C. E. с соавт. Однако лечение аномалий рефракции в течение 18 недель улучшает МКОЗ только у одной трети детей с

анизометропической амблиопией в возрасте от 3 до 7 лет [129]. По данным Wallace D. K. с соавт. (2007), прогноз улучшения двусторонней рефракционной амблиопии выше. Очковая коррекция существенно улучшает бинокулярную остроту зрения у детей в возрасте от 3 до 10 лет, при этом 73% детей достигают 20–25%-ного улучшения в течение первого года лечения [149]. Вероятно, более высокая эффективность лечения рефракционной амблиопии связана с отсутствием непереносимости очковой коррекции, которая, как правило, встречается при анизометропии.

Если острота зрения амблиопичного глаза при ношении очков не улучшается, а разница между двумя глазами все еще составляет 0,20 logMAR или более, начинают окклюзионную терапию. У детей с гиперметропической амблиопией коррекция зрения с помощью очков в сочетании с окклюзией лучше видящего глаза показала большую эффективность, чем исключительно очковая коррекция. Окклюзия ведущего глаза с помощью окклюдора была стандартным и наиболее часто применяемым методом лечения амблиопии еще с I века н.э. [128]. Тем не менее по-прежнему существуют большие различия в продолжительности схем проведения окклюзии [141]. В одном многоцентровом рандомизированном контролируемом исследовании детей с умеренной амблиопией (острота зрения от 20/40 до 20/80) двухчасовая окклюзия в день была такой же эффективной, как шестичасовая окклюзия для улучшения остроты зрения [74]. К сожалению, дети отказываются от выполнения окклюзии, так как острота зрения амблиопичного глаза слишком низкая.

Как уже было сказано выше, коррекция должна быть назначена как можно раньше, но при анизометропии очки вызывают анизейконию, поэтому они назначаются не на полную коррекцию, а по переносимости, что снижает эффективность лечения амблиопии. Также дети отказываются от очков, так как они не замечают существенной пользы от их ношения из-за высокой остроты парного глаза [73].

Другие варианты пенализации включают закапывание в лучше видящий глаз атропина или использование линз с высокой гиперметропической сферой. Некоторые дети хорошо переносят капли атропина, однако степень воздействия может быть переменной, и ее нельзя быстро обратить [150].

В таком случае более эффективным и перспективным в коррекции и лечении анизометропической амблиопии является использование мягких контактных линз (МКЛ), поскольку они помогают устранить анизейконию [108].

Этот вариант лечения предлагает пациентам возможность повысить комплаентность, особенно у детей старшего возраста, однако трудности у детей младшего возраста, связанные со сложностью ношения контактных линз (из-за страха родителей надеть МКЛ своему ребенку, необходимости контроля за ним), возможными осложнениями воспалительного характера, аллергическими реакциями и синдромом сухого глаза, ограничивают их применение в детской практике [37; 39].

В литературе имеют место данные об эффективности цветных контактных линз в качестве альтернативы при окклюзионной терапии амблиопии [83; 118]. В данных линзах используются такие же оттенки, как в косметических МКЛ, применяющихся при рубцах и помутнениях роговицы. Eustis H. S., Chamberlain D. (1996) обнаружили, что при ношении окклюзионных контактных линз зрение улучшилось минимально на одну строчку у 23 из 25 детей с амблиопией, положительный эффект наблюдался у 14 пациентов, у которых традиционное лечение (окклюзия и/или атропинизация) оказалось неэффективным [93].

Такие же результаты могут быть получены при использовании аппаратных методов магнито-, свето- и электростимуляции. Наиболее эффективным методом лечебного воздействия при амблиопии является применение адекватной стимуляции зрительной системы с помощью светового, электрического или лазерного воздействия («Спекл-М», «Монобиноскоп-МБС-02», «Радуга», «Мозаика»). Также достаточно

эффективным является сочетанное применение аппаратных методов лечения амблиопии с медикаментозной и лечебной физкультурой (рефлексотерапия, магнитотерапия). Сочетание данных видов характерно для новых технологий, таких как использование тренажера «Амблиокор». Аппаратные методики имеют клинически доказанную результативность, поэтому их использование дает устойчивый результат и позволяет улучшить зрительные функции в детском возрасте [19; 58; 65].

1.1.4 Рефракционная лазерная хирургия в коррекции зрения рефракционных нарушений у детей

Успех консервативного лечения анизометропической амблиопии не превышает 83%. В связи с этим вполне закономерен интерес офтальмологов к рефракционным операциям в педиатрической практике.

Рефракционная лазерная хирургия при анизометропической амблиопии у детей улучшает условия для дальнейшего ее лечения, что имеет особое значение при амблиопии высокой степени, и традиционно имеет высокий показатель успешности лечения [143]. Рефракционная лазерная операция (РЛО) применяется только при неэффективности лечения анизометропической амблиопии [22; 140]. Хирургия также может выполняться при сложных аметропиях у детей, отказывающихся от ношения очков по той или иной причине. Лишь немногие дети являются подходящими кандидатами для РЛО [139].

Первое сообщение об использовании рефракционной хирургии у детей было опубликовано Сингхом Д. в 1995 году [137]. С тех пор в многочисленных отчетах и сериях клинических случаев была документально подтверждена как безопасность, так и эффективность рефракционной операции у детей [22; 91; 124; 127]. Было показано успешное выполнение процедур для коррекции

гиперметропии и миопии высокой степени в сочетании с анизометропией и выраженным астигматизмом.

Следует отметить, что для эксимерлазерной коррекции гиперметропии характерен нестабильный и небольшой рефракционный эффект [147]. Причина заключается в особенностях гиперметропического профиля абляции: лазерное воздействие осуществляется на периферическую часть роговицы. Все исследования последних лет по улучшению результатов лазерной коррекции гиперметропии выявили основные проблемы и возможные пути их решения, в том числе и у детей [35].

Рефракционные процедуры, которые могут быть использованы для лечения детей, включают фоторефракционную кератэктомию (ФРК), лазерный кератомилез *in situ* (ЛАЗИК), лазерный эпителиальный кератомилез (ЛАСЕК) и другие [110; 113].

Использование лазерной рефракционной хирургии для лечения миопической анизометропии проанализировано более чем в 17 сериях случаев. Yin с соавторами описали успешное применение ЛАСЕК при миопическом астигматизме (сферический эквивалент (СЭ) варьировал от -15,8 до -5,4 дптр) у 32 детей. МКОЗ улучшилась с 20/50 до 20/33, а показатели стереопсиса – с 19 до 73% [94]. В аналогичном исследовании Tychsen с соавт. (2005), включавшем 35 пациентов с миопией и анизометропией (СЭ от -3,3 до -24,3 дптр), которым были выполнены ФРК и ЛАЗИК, средняя МКОЗ улучшилась с 20/87 до 20/47 [151].

О лечении анизометропии и гиперметропии с помощью рефракционной хирургии роговицы сообщается меньше. Данный способ отличается от лечения миопии размером и формой зоны абляции, что делает его более сложным и склонным к регрессу [131].

Высокая изоаметропия может вызвать двустороннюю амблиопию. Плохая переносимость очков является основным фактором, способствующим развитию двусторонней амблиопии. При этом аметропии высокой степени часто наблюдаются у детей с задержкой развития и/или нейроповеденческими

нарушениями, для которых невозможна очковая коррекция [78]. Astle W. (2010) также привел пример двусторонней гиперметропии высокой степени у 11-летнего ребенка, который, несмотря на превосходную совместимость с очками, не смог достичь остроты зрения выше 20/80. После выполнения ЛАСЕК МКОЗ повысилась до 20/40 [111].

Исследования показали, что лечение амблиопии больших аномалий рефракции с помощью рефракционной хирургии следует проводить в младшем возрасте, чтобы максимизировать визуальную реабилитацию. В 2017 году Astle W. сообщил об успешном лечении высокой амблиопии, вызванной миопической анизометропией у детей в возрасте до 1 года [111].

Появление новых видов кераторефракционных лазерных операций и совершенствование лазерных установок способствовали достижению определенных успехов в коррекции гиперметропии и гиперметропического астигматизма [32]. В 2008 году впервые в Чебоксарском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С. Н. Федорова» был выполнен ФемтоЛАЗИК у ребенка с гиперметропической анизометропией и амблиопией Куликовой И. Л. Была разработана методика ФемтоЛАЗИК с расширенным профилем абляции до 10 мм, адаптированная для детской роговицы [47]. Операция выполняется по строгим медицинским показаниям, основным из которых является неподдающаяся коррекции и лечению анизометропическая амблиопия. Результаты лечения более 300 детей по данной методике свидетельствуют о ее высокой эффективности и безопасности. Недостатки, связанные со специфическими осложнениями при лечении лазером рефракционных нарушений, в целом довольно низки. По данным метаанализа семилетних данных (2020), МКОЗ амблиопичного глаза повысилась с $0,23 \pm 0,18$ до $0,5 \pm 0,3$ ($p = 0,00$) [96]. Предсказуемость запланированного рефракционного эффекта в пределах $\pm 0,5$; $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр составила 31, 38 и 92% случаев соответственно.

1.2 Аккомодационная функция глаза у детей в норме и при различных видах нарушений рефракции

1.2.1 Теории аккомодации

Аккомодация, терминологически предложенная Вигов (1841), – это способность глаза видеть в равной степени хорошо предметы на дальнем и близком расстоянии [66]. Суть аккомодации или рефлекторного изменения рефракции глаза заключается в сохранении положения заднего главного фокуса оптической системы глаза на сетчатке независимо от изменения расстояния глаза до данного объекта [28]. Для получения ретинального изображения при взгляде эметропа вблизи должна усилиться оптическая система глаза (или отдельная ее константа) или должен увеличиться аксиальный размер глаза. На основании этих факторов и строятся гипотезы, которые объясняют механизмы обеспечения функции аккомодации. Причем оптические теории развития аккомодации преобладают над осевыми [55].

Одной из первых оптических теорий является теория биомеханизма аккомодации Tscherning M. (1908) [142]. Аналогичный механизм аккомодации описывали Pflugk M. и Ronchi A. (1935) [121]. Также большой клинический интерес представляет современная оптическая теория Schachar R. (1994). Для аккомодации вблизи необходимо сильное сокращение цилиарной мышцы со смещением ее передней части к корню радужки, которое приводит к чрезмерному натяжению зонулярных волокон. При этом значительное растяжение хрусталика в зоне экватора вызывает увеличение его диаметра, уменьшение радиуса кривизны и выпуклости центральной его части с увеличением радиуса кривизны и уплощением его периферии, то есть аккомодация вблизи сопровождается увеличением натяжения экваториальных зонул и расслаблением передних и задних зонул [10; 60; 135].

Поддерживая концепцию Schachar R., Эллис В. (1999) подверг критике теорию Гельмгольца [72]. Впоследствии Schachar R. (1993) предпринял

попытку проведения математического доказательства своей теории аккомодации путем построения линейной модели деформации капсулы хрусталика [134]. Данная гипотеза не получила подтверждения в работах других ученых, которые выяснили, что при напряжении аккомодации экваториальный диаметр хрусталика уменьшается [154].

На основании своей математической компьютерной модели теории аккомодации Weeber Н. (1999) в поддержку теории Гельмгольца определил механизм расслабления капсулы хрусталика при аккомодации, а при дезаккомодации – увеличение на 7% длины натянутой по экватору истонченной сумки хрусталика [152; 153].

Бейтс Р. (1928) выдвинул теорию о влиянии глазодвигательных мышц на объем аккомодации влияют глазодвигательные мышцы, которая впоследствии была опровергнута [11]. Анализ теорий аккомодации позволил сделать вывод, что в основе механизма аккомодации лежит усиление рефракции хрусталика [40]. Так, одна из первых теорий аккомодации, предложенная Гельмгольцем (1855), показала, что при аккомодации вблизи происходит равномерное увеличение кривизны всей поверхности хрусталика [106]. Данная теория является наиболее признанной и лежит в основе базовых методов диагностики и лечения расстройств аккомодации и аномалий рефракции [38; 69]. Заложенные Гельмгольцем принципы работы поддерживающего аппарата хрусталика объясняют взаимодействие изменений эластичности капсулы хрусталика с ресничным пояском, однако они не полностью раскрывают процесс аккомодации, поскольку для аккомодирующего хрусталика учитывались только радиусы его кривизны, максимальная аккомодация при этом составляла лишь 6,5 дптр [26; 27].

Ошибочность расчетов заключалась в том, что искусственно взятый показатель преломления хрусталика в схематическом глазу всегда был выше показателя преломления не только в периферических кортикальных слоях хрусталика, но и ядерных слоях, имеющих максимальное преломление. Для получения большей степени аккомодации необходимо было бы дать

аккомодирующему хрусталику схематического глаза более высокий показатель преломления или же, оставив показатель преломления хрусталика, который свойственен для покоя и при его аккомодации, добавить малые радиусы его кривизны [29].

Говоря о роли хрусталика в функции аккомодации глаза, следует отметить наличие «интракапсулярного» и «экстракапсулярного» механизмов аккомодации [104].

Вопрос о том, какой фактор играет большую роль в процессе аккомодации, до конца не решен. К аномалиям рефракции приводит нарушение динамического равновесия между двумя видами зрения вследствие патологических изменений как в любой из их систем, так и за счет интраокулярных и экстраокулярных механизмов [14]. На сегодняшний день роль роговицы, ведущей преломляющей поверхности в формировании физической рефракции глаза, в обеспечении акта аккомодации остается спорной.

Анализируя все вышеизложенное, можно сделать вывод, что предложенная Гельмгольцем модель аккомодации является базовым и бесспорным механизмом приспособления оптической системы глаза к перемещению точки фиксации. При совместной работе всех исполнительных механизмов аккомодации теория Гельмгольца объясняет физиологию акта аккомодации и не противоречит основным законам механики.

Таким образом, на сегодняшний день не существует теории аккомодации, которая в полной мере соответствовала бы анатомическим и оптическим физиологическим данным. В связи с этим изучение взаимоотношения оптической системы глаза с функцией аккомодации при аметропиях остается актуальным.

1.2.2 Патогенез аккомодационной функции

Ослабление функции аккомодации обуславливается снижением работоспособности основного и дополнительных исполнительных механизмов. В первую очередь ослаблению работы системы аккомодации и конвергенции способствуют мышечно-связочный аппарат хрусталика и хориоидея, дополнительно на процесс аккомодации влияют экстраокулярные факторы, такие как роговица, глазодвигательные мышцы, сфинктер зрачка, стекловидное тело [52].

В целом существует два вида аккомодационных реакций. Динамическая реакция (рефлекс аккомодации) определяет изменения фокуса при аккомодации (от дальнего к ближнему) или дезаккомодации (от ближнего к дальнему), что характеризует способность к сохранению четкого изображения фиксируемого объекта при его перемещении [107]. Рефлекс аккомодации – это трехчастный рефлекс, который фокусирует близкие объекты за счет утолщения хрусталика, сужения зрачков и поворота глаз внутрь – конвергенции глаз [97]. Иннервация рефлекса аккомодации происходит от висцеральных ядер III черепного нерва, в первую очередь ядра Эдингера – Вестфалья. Надъядерный контроль рефлекса аккомодации осуществляется из широко распространенных областей, включающих супраокуломоторную область (которая находится в пределах мезэнцефальной ретикулярной формации непосредственно дорсально от глазодвигательного комплекса) и многочисленные центры управления движением глаз в головном мозге и мозжечке [98]. Так, при наличии типичного ступенчатого зрительного стимула, равного 2,00 дптр, время до начала аккомодационной реакции (латентность) составляет 300–400 мс. Это зависит в основном от характеристик стимула, но также и от любых ожиданий изменений в аккомодации. Кроме того, время отклика составляет от 400 до 1000 мс, в течение которого аккомодация изменяется, прежде чем стабилизируется на новом уровне [3].

Время отклика зависит от количества аккомодационных, но не дезаккомодационных требований, а также от тонуса аккомодации. Единственным сигналом к аккомодации является размытость изображения.

Динамическая рефракция при гиперметропии характеризуется повышенным тонусом аккомодации, однако при гиперметропии в сочетании с амблиопией отмечается ослабление аккомодации.

Maddox (1980) разработал схему классификации конвергенции, которая применима к аккомодации [114]. Он классифицировал стимулы к аккомодации на четыре категории: тонические или внутренние; проксимальные или пространственные; оптические и перекрестно связанные. Они были определены Heath G. G. (1956) как тоническая, проксимальная, конвергентная аккомодация и аккомодация с размытием [105].

Точность механизма тонкой настройки аккомодации зависит от способности глаза ощущать пониженный контраст (размытость) изображения на сетчатке. Существует пороговое или минимальное значение расфокусировки, которое можно обнаружить. Это называется глубиной резкости фокуса глаза (DOF). Как правило, глубина резкости для большинства повседневных целей, таких как газетный текст, колеблется от +0,5 до +0,75 дптр. Ряд авторов подчеркивает, что аккомодационная реакция обычно меньше, чем аккомодационная потребность, что приводит к снижению DOF меньше +0,5, при этом полученная разница представляет собой аккомодационную ошибку, называемую «аккомодационной задержкой» (lag accommodation). Оптические факторы, влияющие на задержку аккомодации, включают размер зрачка, оптические aberrации глаза, в том числе сферические и хроматические рефракционные нарушения, а также длину волны света. Сенсорные факторы включают остроту зрения и контрастную чувствительность.

DOF обратно пропорциональна диаметру зрачка. При достаточном миозе в глаз попадают только параксиальные лучи, и изображения выглядят одинаково четкими на всех расстояниях. Однако при диаметре зрачка менее 2

мм острота зрения снижается, поскольку он вызывает дифракционное размытие всех изображений. Широкий зрачок позволяет проникать в глаз непараксиальным лучам, что делает размытие несопряженных изображений более заметным. В результате DOF становится меньше. При диаметре зрачка более 4 мм периферические сферические и хроматические aberrации ухудшают ретинальное изображение и остроту зрения. Таким образом, существует баланс между наилучшей остротой зрения и наименьшей глубиной резкости. Оптимальный размер зрачков составляет около 2 мм, когда глубина резкости большая, а визуальная чувствительность по-прежнему минимально подвержена влиянию периферических aberrаций либо дифракционного размытия [87].

Хроматическая aberrация также увеличивает глубину резкости, но снижает остроту зрения. Глубина резкости влияет на точность аккомодационного ответа.

Время аккомодации, включающее латентный период, время отклика, способность к прогнозированию и амплитуду составляет от 0,35 до 0,4 с. Латентный период описывает время, в течение которого начинается реакция после начала действия стимула. Латентность ответа от дальних раздражителей к ближним примерно на 20 мс короче, чем латентность от ближних к дальним стимулам. Продолжительность ответа с момента его начала составляет почти 1 с, но может быть короче при некотором усилии. Динамический ход отклика постепенно изменяется в течение периода в 1 с и соответствует форме затухающей экспоненты. Начальная скорость аккомодационной реакции зависит от амплитуды раздражителя. Скорость немного выше для адаптации от ближнего стимула к дальнему, чем от дальнего к ближнему, потому что здесь задействованы активные механические изменения.

Аккомодация, по-видимому, следует закону Геринга в том смысле, что она сопряжена между глазами, как и зрачковая реакция. При анизометропии вследствие непереносимой анизейкнии происходит подавление размытого изображения, при этом данный процесс на ближних расстояниях проявляется

в меньшей степени, чем на дальних, предположительно из-за анизотаккомодации. Неравные стимулы для аккомодации также возникают при асимметричной конвергенции.

Итак, в естественных условиях основным сигналом для включения аккомодации является размытие изображения на сетчатке для управления точной аккомодационной реакцией с использованием замкнутой системы отрицательной обратной связи в монокулярных условиях. В отсутствие адекватного зрительного стимула аккомодация остается в промежуточной миопической позе, которая обычно индивидуально варьируется от 0,5 до 4,5 дптр. Это положение было описано как тоническая аккомодация [136].

В литературе различают следующие виды аккомодации:

1. Рефлекторная (ответ цилиарной мышцы на расфокусировку изображения).

2. Вергентная (срабатывает при искусственном сведении зрительных линий обоих глаз при наблюдении одного или двух находящихся на одном расстоянии объектов – рефлекс, связывающий аккомодацию с конвергенцией).

В ходе многочисленных исследований ученые оценивали эффективность терапии вергентной аккомодации в устранении субъективных и объективных результатов, связанных с бинокулярными аномалиями [88]. Эти исследования демонстрируют, что терапия вергентной аккомодации улучшает способность к вергенции и что эффекты сохраняются с течением времени. Терапия зрения при дисфункции вергенции имеет высокий процент успеха.

3. Проксимальная (реакция на приближение объекта, не связанная с максимализацией четкости, – «ответ на виртуальное движение объекта»). Проксимальная реакция управляет аккомодацией, основанной на том, где находится объект в пространстве.

4. Тоническая (состояние оптической установки глаза в отсутствие зрительных стимулов, например в безориентирном пространстве). Тоническая аккомодация возникает из-за отсутствия любого из вышеперечисленных

стимулов и отражает исходную нервную активность.

Итак, рефлекторная, вергентная и проксимальная аккомодации управляются парасимпатической нервной системой, тоническая аккомодация равномерно управляется симпатической и парасимпатической нервной системой [87].

Оценка параметров аккомодации проводится по следующим показателям: сила аккомодационного ответа, устойчивость аккомодации, адекватность аккомодационного ответа предъявляемым стимулам, величина затрат аккомодации. Тем не менее трудно объяснить антиаккомодацию с помощью современных моделей, в которых оба глаза управляются одним аккомодационным сигналом [146]. Трактовать это состояние становится легче, если аккомодация осуществляется самостоятельно для каждого глаза. Антиаккомодация может быть объяснена неправильной интерпретацией сигналов размытия в амблиопичном глазу. Альтернативное толкование состоит в том, что антиаккомодация является результатом активной стратегии, позволяющей избежать конфликта между четким изображением в здоровом глазу и менее четким изображением в амблиопичном глазу. Для удаленных целей, где потребность в аккомодации низка для обоих глаз, в амблиопичном глазу могут быть предприняты некоторые усилия по аккомодации для компенсации анизометропии. Однако при фиксации близкой цели аккомодационное усилие амблиопичного глаза недостаточно для преодоления гиперметропии [87].

Полная коррекция анизометропии снижает аккомодационное усилие амблиопичного глаза и, следовательно, создает условия для поддержания аккомодационной функции амблиопичного глаза.

В результате исследования аккомодации при гиперметропической анизометропии с амблиопией равномерная аккомодация определена только в 4,4% случаев [44]. Однако асимметричная аккомодация редко рассматривается клинически, так как она, как правило, остается незамеченной.

Снижение аккомодации в амблиопичном глазу можно объяснить снижением остроты зрения или потерей чувствительности в центральной области сетчатки из-за депривации монокулярного контраста при анизометропии [133]. При этом аккомодационная способность глаз снижается за счет ослабления действия основного и дополнительных исполнительных экстракапсулярных механизмов аккомодации [25]. Причиной этого факта является снижение тонуса цилиарной мышцы, уменьшение кровенаполнения и эластичности хориоидеи [53]. При недостаточном сокращении зрачка достигается неполный миоз (более 2 мм в диаметре). При этом отмечается уменьшение дифракции света, монохроматической и хроматической аберрации глаза, глубины фокусного участка и ослабление аккомодации [116].

В основе ослабления функции аккомодации глаз лежат сдвиги в регуляции тонуса вегетативной нервной системы. Снижение активности парасимпатической составляющей вместе с повышением активности симпатической составляющей двойной реципрокной иннервации цилиарной мышцы приводят к ослаблению аккомодативной способности глаз [71].

Чем выше активность холинергического канала или чем ниже активность адренергического канала двойной реципрокной регуляции меридиональной доли цилиарной мышцы, тем выше ее тонус и вероятность сохранения повышенной степени фонового продолжительного сокращения мышцы Брюкке [16].

Различная природа патогенеза аккомодационной функции показывает, что диагностика расстройств аккомодации является актуальной задачей современной офтальмологии. Зависимость между функцией аккомодации и биомеханическими показателями переднего отдела фиброзной капсулы изучена недостаточно и нуждается в дальнейшем рассмотрении. В доступной нам литературе отсутствуют работы по исследованию особенностей соотношений констант оптической системы глаза при рефракционных нарушениях, зависимости между растяжением переднего отдела гиперметропического глаза, микроциркуляторными расстройствами и

биомеханическими свойствами, хотя эти данные могли бы способствовать определению наиболее адекватных неинвазивных методик, направленных на дифференциальную диагностику различных видов неосложненной формы врожденной патологии глаз.

1.2.3 Особенности состояния аккомодационной функции у детей при различных видах нарушений рефракции

На сегодняшний день в литературе нет единого мнения относительно патогенетических механизмов снижения функции аккомодации при рефракционных нарушениях, отсутствуют точные критерии ее дифференциальной диагностики.

Известные способы анализа расстройств аккомодации и оценки биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза при различных клинических формах гиперметропии имеют как положительные черты, так и недостатки [18]. Анализ литературных источников показал, что зависимость между функцией аккомодации и анатомо-оптическими параметрами переднего отдела фиброзной оболочки, показателями ее ригидности изучены ограниченно и нуждаются в дальнейшем рассмотрении.

Важна оценка уровня аккомодационной функции при различных видах клинической рефракции. Кроме того, дезадаптация зрительной системы у детей приводит в 21,9% случаев к рефракционной амблиопии, в 29,7% – к аккомодативной астенопии, в 35,5% – к расстройству бинокулярного зрения и развитию сходящегося косоглазия [130].

Некорригированная острота зрения (НКОЗ) у детей дошкольного младшего возраста зависит не только от возраста и степени гиперметропии, но и от состояния аккомодации. Низким значениям НКОЗ соответствуют нарушения состояния аккомодации. Результаты исследований свидетельствуют [54], что при рефракционной и анизометропической амблиопии на фоне гиперметропической рефракции обнаружены серьезные

расстройства аккомодации, прямо пропорционально зависящие от степени амблиопии.

Гиперметропия негативно влияет на аккомодацию и увеличивает возможность развития косоглазия. Расстройство бинокулярного зрения при гиперметропии развивается у детей с напряженной аккомодацией на фоне ослабленных фузионных резервов, которые не могут компенсироваться за счет дополнительного усиления аккомодации, что приводит к появлению аккомодационного сходящегося косоглазия [155]. Аккомодация при гиперметропии характеризуется повышенным ее тонусом, которая при чрезмерном напряжении истощается, и возможности ее ограничиваются. У пациентов с гиперметропической рефракцией в сочетании с амблиопией выявлены нарушения аккомодации в виде привычно-избыточного напряжения, слабости аккомодации, а также сочетания этих двух форм при различных степенях гиперметропии [23]. В результате этого под влиянием эндогенных и экзогенных факторов происходит функциональный стресс аккомодации [12].

По данным Мягкова А. В. (2020), аккомодационные нарушения приводят к прогрессированию миопии, однако предикторы ее развития не до конца изучены [42]. Основными аккомодационными нарушениями, являющимися предвестниками миопии, считают слабость и привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА). В то же время у пациентов с эметропией и миопией отмечают отсутствие разницы в тонусе аккомодации, но при этом выявляют значительную разницу в морфофункциональных особенностях цилиарной мышцы у сравниваемых групп пациентов [61; 132]. Таким образом, нерешенным является процесс исследования и диагностики анатомии аккомодационного аппарата. Известно лишь, что у пациентов с миопией наблюдается большее аккомодационное отставание, которое приводит к периферическому гиперметропическому дефокусу во время работы вблизи, что может служить сигналом для увеличения передне-задней отрезка (ПЗО) глазного яблока и, соответственно, повлечь появление миопии [4; 41]. В

данном случае адекватное применение различных методик контроля прогрессирования миопии позволит улучшить показатели аккомодационного ответа, одного из предикторов миопии. Попытки контроля данных механизмов находят свое продолжение в аппаратных методах исследования аккомодации при миопии [20; 43; 46]. Так, считается, что при миопии и гиперметропии слабой степени тонус покоя аккомодации во всех случаях был положительным. При гиперметропии средней и высокой степени появляется и увеличивается доля глаз с отрицательным тонусом покоя аккомодации, при высокой, особенно анизометропической, миопии выявлена несогласованность (несимметричность) прямой и содружественной аккомодации. Данный симптом может иметь диагностическое и прогностическое значение в клинике прогрессирующей близорукости [62].

Таким образом, анизометропическая амблиопия при гиперметропии является распространенной патологией, трудно поддающейся лечению, в связи с чем представляющей собой серьезную медицинскую и социальную проблему. Ведущим звеном, затрудняющим успех лечения амблиопии, являются аккомодационные нарушения. Несмотря на то, что в России первое сообщение о хирургическом лечении пациентов с гиперметропией и анизометропией было сделано еще в 1984 году, на сегодняшний день нет работ по изучению аккомодации у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после РЛО. Согласно проведенному анализу литературных данных исследования по аккомодации спорны и требуют дальнейшего изучения. Остаются актуальными вопросы в систематизированном подходе к лечению и выполнению РЛО у данных пациентов с учетом аккомодационных нарушений.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Клинические исследования проводились на базе Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» в период с 2020 по 2022 год. Под наблюдением находилось 202 пациента.

Все пациенты были проинформированы о ходе исследования. Согласно приказу № 1051н МЗ РФ от 12.11.2021 в каждом случае было оформлено информированное согласие на участие в нем. Все родители или официальные опекуны детей дали добровольное письменное согласие на участие их несовершеннолетних детей в обследовании и включение полученных результатов в материалы диссертационной работы. Инвазивных клинических исследований при выполнении работы не производилось. Исследование лекарственных препаратов в работе не производилось. Приборы, задействованные в диссертационной работе для проведения исследований, были разрешены к использованию в медицинской практике соответствующими государственными уполномоченными инстанциями (Министерство здравоохранения Российской Федерации и другие).

Материалы диссертационной работы были одобрены Локальным этическим Комитетом 01.04.2021 (протокол № 104.7).

Глаза были разделены на 2 группы – с амблиопией и парные без амблиопии, дополнительно была включена контрольная группа с детьми с эмметропией. Дизайн исследования представлен в Таблице 1.

Таблица 1 – Дизайн исследования

Группа	Количество глаз
I группа – глаз с амблиопией	n = 102
1-я подгруппа – дети после ФемтоЛАЗИК в сочетании с консервативным плеоптическим лечением	n = 36
2-я подгруппа – дети с очковой коррекцией в сочетании с консервативным плеоптическим лечением	n = 34
3-я подгруппа – дети с контактной коррекцией в сочетании с консервативным плеоптическим лечением	n = 32
II группа – парный глаз без амблиопии	
1-я подгруппа – парный глаз у детей после ФемтоЛАЗИК	n = 36
2-я подгруппа – парный глаз у детей с очковой коррекцией	n = 34
3-я подгруппа – парный глаз у детей с контактной коррекцией	n = 32
III группа – дети с эмметропией	n = 100

В данном исследовании были установлены строгие критерии включения и исключения пациентов, что повышает надежность его результатов (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема включения и исключения пациентов в исследование

Все пациенты проходили комплексное офтальмологическое обследование при первичном осмотре (первичный скрининг), при исследовании клинико-функциональных показателей и аккомодации в динамике. Срок динамического наблюдения за пациентами составил 2 года. Анализировались данные, полученные на первичном скрининге и через каждые 6 месяцев в течение двух лет.

Для анализа данных был применен пакет программ Statistica 12.0 от StatSoft, Inc., США.

Всем детям выполняли офтальмологическое обследование, заключающееся в проведении визометрии, определении ретинальной остроты зрения, авторефрактометрии, биомикроскопии, и офтальмоскопии. Дополнительно у всех детей исследовали состояние аккомодации: объективные запасы относительной аккомодации (ЗОА) и объективный аккомодационный ответ (ОАО) на авторефрактометре открытого поля WR-5100K (Grand Seiko, Япония), анализ аккомодограмм с помощью Righton Speedy-K (Nikon, США), измерение анатомо-топографических параметров цилиарной мышцы и хрусталика с помощью оптического когерентного томографа Casia 2 (Tomey, Япония).

2.2 Характеристика обследованных пациентов

I группа включала 102 амблиопичных глаза у детей с анизометропией и гиперметропией. МКОЗ составила от 0,05 до 0,3, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от +3,0 до +7,5 дптр, анизометропии – от 3,5 до 7,0 дптр. Пациенты были разделены на 3 подгруппы.

1-я подгруппа – дети после ФемтоЛАЗИК в сочетании с консервативным плеоптическим лечением. В данном исследовании были обследованы 36 амблиопичных глаз у детей в возрасте от 7 до 11 лет с гиперметропией и анизометропией, которым был выполнен ФемтоЛАЗИК по усовершенствованной технологии на худшем амблиопичном глазу по

разработанной в филиале технологии [34; 47; 48]. Операция проводилась под общей анестезией. ФемтоЛАЗИК выполнялся в 2 этапа. Для формирования клапана роговицы применяли фемтосекундный лазер «ФемтоВизум» 1 МГц (Троицк, Россия), фотоабляция проводилась с помощью эксимерного лазера «Микроскан» 500 Гц (Россия, Троицк). До операции пациентов проверяли на диплопию в условиях моделирования с контактными линзами, где основной задачей было определение диплопии. Наличие диплопии являлось противопоказанием для выполнения ФемтоЛАЗИК.

МКОЗ составила от 0,05 до 0,3, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от +4,0 до 7,5 дптр, анизометропии – от 4,0 до 7,0 дптр.

Пациенты были обследованы до ФемтоЛАЗИК, каждые 6 месяцев после операции в течение 2 лет. В послеоперационном периоде дети получали консервативное лечение, заключающееся в оптико-рефлекторных тренировках (с учетом аккомодационных нарушений) и плеоптическом лечении.

Амблиопия чаще диагностировалась на левом глазу – 67%. По гендерному признаку различий не обнаружено. Характеристика данной группы представлена в Таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика пациентов 1-й подгруппы (n = 36)

Средний возраст пациентов, лет	Пол		Амблиопия	
	Ж	М	OD	OS
8,6±2,1	18 (50%)	18 (50%)	12 (33%)	24 (67%)

2-я подгруппа. В данную группу были включены 34 амблиопичных глаза у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, лечение которых заключалось в очковой коррекции в сочетании с окклюзией и оптико-функциональным лечением. МКОЗ составила от 0,05 до 0,3, СЭ рефракции на

фоне медикаментозной циклоплегии – от +3,5 до 6,5 дптр, анизометропии – от 3,0 до 6,0 дптр.

Данный вариант был выбран потому, что он считается основным методом лечения детей с амблиопией. Диагностическое обследование выполняли каждые 6 месяцев. Распределение детей внутри группы по половому признаку и встречаемости амблиопии представлено в Таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика 2-й подгруппы (n = 34)

Средний возраст пациентов, лет	Пол		Амблиопия	
	Ж	М	OD	OS
7,9±2,5	15 (44%)	19 (56%)	14 (41%)	20 (59%)

3-я подгруппа включала 32 амблиопичных глаза среди детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, которые использовали контактные линзы в сочетании с консервативным лечением. Контактные линзы являются альтернативным методом коррекции. Критерии включения и исключения в эту группу были такими же, как и для первой группы. МКОЗ составила 0,05–0,3, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от +4,0 до +7,5 дптр, анизометропии – от 3,5 до 7,0 дптр. Диагностическое обследование также выполняли каждые 6 месяцев. Распределение детей внутри группы по половому признаку и встречаемости амблиопии представлено в Таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика 3-й подгруппы (n = 32)

Средний возраст пациентов, лет	Пол		Амблиопия	
	Ж	М	OD	OS
8,9±2,4	19 (60%)	13 (30%)	11 (33%)	21 (67%)

II группа включала 102 парных глаза без амблиопии. МКОЗ составила не менее 0,9, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии составила от 0,0 до +1,5 дптр. Группа была разделена на 3 подгруппы:

1-я подгруппа – 36 ведущих глаз у детей после ФемтоЛАЗИК. МКОЗ составила 0,9–1,0, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии был от +0,25 до +1,5 дптр.

2-я подгруппа – 34 ведущих глаза у детей с очковой коррекцией. МКОЗ составила 0,9–1,0, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – +0,0-1,25 дптр.

3-я подгруппа – 32 ведущих глаза у детей с контактной коррекцией. МКОЗ составила 0,9–1,2, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от +0,5 до +1,5 дптр.

Все дети получали оптико-функциональное лечение аккомодационных нарушений парного глаза.

III группа (контрольная) – 100 глаз у детей с эмметропией в возрасте от 7 до 11 лет.

2.3 Методы офтальмологического обследования пациентов

2.3.1 Стандартные методы обследования

В течение исследования все пациенты проходили стандартное офтальмологическое обследование, которое включало визометрию, рефрактометрию, биомикроскопию.

Исследование зрительных функций выполнялось в несколько этапов:

1. Авторефрактометрию осуществляли на авторефрактометре RC-5000 (Tomey, Япония), проводили объективное определение степени аметропии обоих глаз по общепринятой методике исследования, приведенной в инструкции и рекомендациях по работе с прибором. Каждый глаз обследовали трижды, затем вычисляли усредненное значение. Определяли динамическую (манifestную) и статическую (при циклоплегии) рефракции.

2. Визометрию определяли для каждого глаза без коррекции и с коррекцией по общей методике при помощи проектора знаков TSP-3000 (Tomey, Япония) для проверки зрения и стандартного набора очковых линз TLS-AF (Torcon, Япония). Сначала проверяли остроту зрения без коррекции, затем с коррекцией до и после циклоплегии.

3. Биомикроскопию переднего отрезка глаза выполняли с помощью щелевой лампы TSL-5000 (Tomey, Япония) по общепринятой методике с 10-кратным и 16-кратным увеличением.

4. Офтальмоскопию в обратном виде проводили с помощью щелевой лампы TSL-5000 (Tomey, Япония) и асферических линз 78,0 и 90,0 дптр (Volk, Ocular) в условиях циклоплегии. Исследование начинали с 1,5–3,0 см от роговицы пациента в перпендикулярной оси с последующим постепенным приближением щелевой лампы до получения четкого изображения.

2.3.2 Дополнительные методы обследования

Оптическая биометрия

Оптическая биометрия проводилась на биометре IOL-master (Carl Zeiss). Обследование осуществляли на обоих глазах поочередно. Данные 10-кратной автоматической регистрации выводились на экран с итоговым средним значением, которое учитывалось как результат. Показания регистрировались в миллиметрах с точностью до 0,01 мм.

Для определения средней величины годового градиента ПЗО была рассчитана величина изменения ПЗО у каждого ребенка за период наблюдения, после чего полученное значение было разделено на время наблюдения. ПЗО оценивался по следующим математическим показателям: $\Delta\text{ПЗО}_{\text{ср}} = \Delta\text{ПЗО}_0 - t/t$, где $\Delta\text{ПЗО}_{\text{ср}}$ – средний годовой градиент ПЗО, $\Delta\text{ПЗО}_0 - t$ – величина изменения ПЗО за период наблюдения, а t – время, в течение которого производилось наблюдение [99].

Бинокулярное зрение

Исследование проводили при помощи теста Уорса (Рисунок 2).

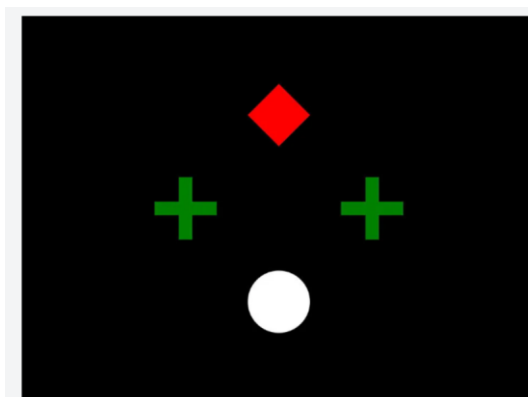


Рисунок 2 – Тест Уорса

Пациенту предлагали очки с разными цветофильтрами: красное стекло – для правого глаза, зеленое стекло – для левого. Затем в этих очках он смотрел на экран с четырьмя светящимися фигурами: две зеленого цвета (крестики), одна красная (ромб), одна белая (круг). Пациенту необходимо было распознать количество и цвета источников света.

Четырехточечный тест проводили также на расстоянии 50 см на аппарате «ФОРБИС» (Россия).

Дополнительно проводили диагностику на определение диплопии в условиях моделирования с контактными линзами.

Ретинальная острота зрения

С помощью ретинометра Lambda 100 (Heine, Германия) на сетчатку глаза проецировали вертикальные или горизонтальные полосы. Пациент должен был определить их направление. Пациенту показывали определенное количество линий с последующим уменьшением их толщины до тех пор, пока он не перестанет их различать. Ретинальная острота зрения (РОЗ) была равна наименьшей ширине полос.

Определение остроты зрения на расстоянии 50 см

Методика определения остроты зрения с помощью аппарата «ФОРБИС» базировалась на последовательном переключении сферических линз, обеспечивая быстрое и эффективное определение остроты зрения.

Для проведения исследования устанавливали текстовый тест-объект на штифты экрана. Пациент садился на стул перед экраном. Размер символов на экране постепенно уменьшался до тех пор, пока пациент не переставал их различать.

Для определения остроты зрения при помощи фороптера сначала устанавливали «00» дптр и диски с фильтрами в положение «без фильтра» в

правом и левом блоках. Этот аппарат позволял эффективно определять остроту зрения за счет последовательного переключения сферических линз.

Объективное исследование аккомодации с помощью аккомодографа

Аккомодографию проводили на компьютерном аккомодографе Righton Speedy К (США), который позволял осуществлять полное исследование рефракции и аккомодации глаза в автоматическом режиме. Для проведения исследования пациенту необходимо смотреть на экран прибора, на котором отображаются различные стимулы (Рисунок 3). Каждый глаз исследовали отдельно. Аккомодограф работал в режиме последовательного измерения рефракции глаза, где каждый шаг представлял собой определение аккомодационного ответа при фиксированном значении аккомодационного стимула. Разница между аккомодационными ответами на каждом шаге составляла $-0,5$ дптр. Смена стимулов от $+0,5$ до $-5,0$ дптр сопровождалась изменением оптической силы глаза и ее регистрацией прибором.



Рисунок 3 – Исследование пациента на аккомодографе

Во время исследования регистрировались аккомодационные микрофлюктуации (АМФ), представляющие собой низко- и высокочастотные компоненты с определенной частотой. Высокочастотный компонент

(с частотой 1,0 и 2,3 Гц) играет важную роль в клинической практике, так как отражает колебания хрусталика. Частотный анализ АМФ прибор осуществлял методом трансформации Фурье, определялась интенсивность высокочастотного компонента АМФ [13].

На выходе графическая информация представлялась в виде столбиковой диаграммы – аккомодограммы (Рисунок 4).

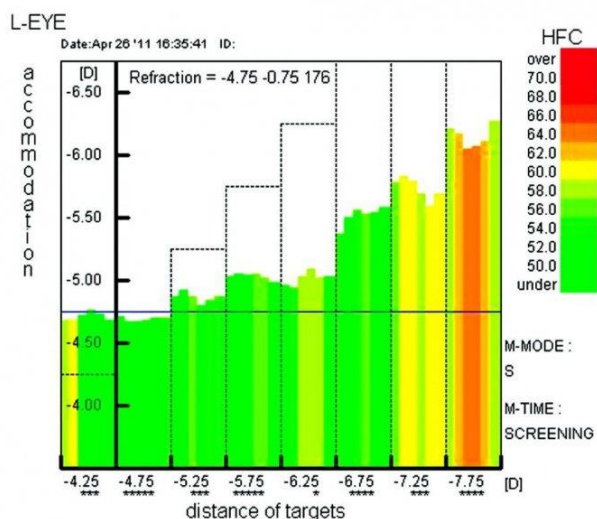


Рисунок 4 – Вид нормальной столбиковой диаграммы

Частота микрофлюктуаций отображалась в аккомодограмме различной цветовой палитрой. Зеленый цвет соответствовал частоте 50–56 микрофлюктуаций в минуту (мкф/мин), желтый цвет – 58–62 мкф/мин, а оранжевый и красный цвета – 64 и более мкф/мин. Физиологический диапазон считался до 57 мкф/мин, а более высокая частота указывала на напряжение цилиарной мышцы.

Также аккомодограммы позволяли определить изменения работы цилиарной мышцы с помощью специальных показателей:

- коэффициент аккомодационного ответа (КАО) – отражал соотношение величины аккомодационного ответа к величине аккомодационного стимула;
- коэффициент роста аккомодограммы (КР) и коэффициент устойчивости (КУС) – определяли нарастающий характер, постепенность напряжения аккомодации и, соответственно, ее стабильность;

- коэффициент микрофлюктуаций (КМФ) – использовался для количественной оценки частоты АМФ [20; 43].

Исследование аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля

Для достижения объективной оценки динамической рефракции глаза использовали авторефрактометр открытого поля WR-5100K, Grand Seiko (Япония).

Стандартная методика диагностики ОАО проводится после обеспечения полной коррекции за счет пробных очковых линз при помощи установки текста № 4 для близи, соответствующего остроте зрения 0,7 на расстоянии 33 см. Пациент фиксирует взгляд на тексте обоими глазами, обеспечивая напряжение аккомодации, затем проводят измерение рефракции каждого глаза.

Для определения объективных ЗОА в пробную оправу подставляют отрицательные линзы -0,5 с нарастающей силой в 0,5 дптр до сохранения разницы аккомодационного ответа с нагрузкой менее 0,75 дптр. Максимальная отрицательная линза соответствует ЗОА.

При исследовании устойчивости аккомодации пациент с отрицательной линзой, соответствующей ЗОА, продолжает читать текст в течение 3 мин. Затем повторно проводят рефрактометрию. В случае изменения аккомодационного ответа отмечают нарушение устойчивости аккомодации [63].

Оптическая когерентная томография

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – это метод исследования глаза, позволяющий получать изображение его структур с высокой точностью. Принцип работы ОКТ заключается в использовании инфракрасного лазерного

излучения для формирования изображения тканей глаза. Лазерное излучение проходит через линзу, затем попадает в глаз и отражается от разных слоев тканей, проходящих через световой пучок. Отраженный свет попадает на детектор, который регистрирует его сигналы. По этим сигналам и производится построение изображения структуры глаза. В процессе исследования оценивались параметры цилиарной мышцы и хрусталика на оптическом когерентном томографе CASIA 2, Tomey (Япония), разработанном специально для визуализации переднего сегмента. Благодаря значительному увеличению скорости сканирования (50 000 А-сканов в секунду) снимок переднего сегмента можно получить за 2,4 с. При исследовании цилиарной мышцы используют режим Angle с длиной волны 1310 нм.

2.3 Методы статистической обработки результатов

Обработку полученных результатов расчетов статистических характеристик гиперметропических глаз проводили с помощью разработанной программы Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., США), которая включала графическое распределение функций плотности вероятности вычисленных параметров и математических ожиданий двух независимых друг от друга показателей.

Группы были проверены на распределение нормальности с помощью коэффициентов Колмогорова – Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро – Уилка.

Поскольку данные не соответствуют нормальному распределению, были использованы показатели описательной статистики, такие как число наблюдений (n), медиана (Me), верхний и нижний квартили (P_{25} – P_{75}). Для анализа повторных измерений до и после лечения был применен непараметрический критерий Фридмана для зависимых выборок. Для сравнения количественных показателей в более чем двух группах был применен непараметрический дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса с

последующим попарным выявлением различий между группами при помощи непараметрического критерия Манна – Уитни для независимых выборок. Анализ процентов осуществляли с помощью критерия Мак-Нимара для зависимых выборок и критерия хи-квадрат для независимых выборок. Различия между показателями выборок считаются значимыми при уровне значимости менее 0,05.

Для анализа связей между переменными использовались непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена. Коэффициент ранговой корреляции оценивает тесноту связи между признаками: значения коэффициента меньше 0,3 считаются признаком слабой связи, значения от 0,3 до 0,7 – признаком умеренной связи, а значения 0,7 и выше – признаком высокой связи.

ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И АККОМОДОГРАММ У ПАЦИЕНТОВ С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗИК И С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ОПТИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ЛЕЧЕНИЕМ

Целью данной главы явилось исследование изменений аккомодации и клинико-функциональных данных в трех группах сравнения у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией при различных вариантах оптической коррекции.

3.1 Анализ клинико-функциональных результатов у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением

3.1.1 Анализ результатов остроты зрения

Был проведен анализ динамических изменений НКОЗ, МКОЗ, РОЗ, ПЗО у детей после ФемтоЛАЗИК и различных способов оптической коррекции у 102 детей с гиперметропией и анизометропической амблиопией высокой и средней степени, для дифференциации анизометропической и дисбинокулярной амблиопии из исследования были исключены дети с косоглазием. У всех детей до начала лечения регистрировалась гиперметропия средней и высокой степени и анизометропия более 3 дптр. В парном глазу МКОЗ варьировала от 0,8 до 1,0, рефракция была эметропичной и слабой гиперметропической. Максимальный срок лечения и наблюдения составил 2 года.

НКОЗ на расстоянии 5 м в 1-й подгруппе стабилизировалась через 1,5 года после операции, повысившись на 0,17, составила 0,25 (0,20–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$) и оставалась стабильной ко 2-му году наблюдения. В остальных подгруппах НКОЗ была стабильной в течение всего наблюдаемого периода и ко 2-му году наблюдения во 2-й группе составила 0,10 (0,07–0,15) ($p_{Fr} > 0,05$), в 3-й группе – 0,11 (0,06–0,12) ($p_{Fr} > 0,05$). При сравнении НКОЗ среди подгрупп 1 – 3 с помощью теста Краскела – Уоллиса различия между подгруппами были достоверны ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$). При попарном сравнении посредством теста Манна – Уитни выявлено значимое различие между 1-й и 2-й ($p_{1-2} < 0,001$), а также 1-й и 3-й ($p_{1-3} < 0,001$) подгруппами. МКОЗ на расстоянии 5 м повышалась во всех группах. В 1-й подгруппе наиболее значимое повышение МКОЗ регистрировалось к 6-му месяцу после операции, повысившись на 0,11, составила 0,25 (0,15–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$), в то время как во 2-й подгруппе МКОЗ через 6 месяцев повысилась на 0,02 и составила 0,18 (0,10–0,20) ($p_{Fr} > 0,05$), в 3-й подгруппе данный показатель повысился на 0,04 и составил 0,18 (0,10–0,25) ($p_{Fr} < 0,05$), данные между группами были статистически различны ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$, $p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} < 0,001$). Через 2 года МКОЗ в 1-й подгруппе достигла 0,38 (0,25–0,50) ($p_{Fr} < 0,001$), во 2-й подгруппе – 0,25 (0,15 – 0,32) ($p_{Fr} < 0,05$), в 3-й подгруппе – 0,31 (0,16–0,40) ($p_{Fr} < 0,001$), данные между группами оставались статистически значимо различными ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$, $p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} = 0,011$). Аналогичные изменения МКОЗ регистрировались на расстоянии 50 см с ее наибольшим повышением на 0,12 через 6 месяцев в 1-й подгруппе ($p_{Fr} < 0,001$) и незначительным повышением на 0,01 и 0,02 во 2-й и 3-й подгруппах соответственно ($p_{Fr} > 0,05$ в обеих группах), ($p_{1-2-3k-w} = 0,001$; $p_{1-2} = 0,001$; $p_{1-3} < 0,001$). Ко 2-му году наблюдения наиболее высокие значения МКОЗ были в 1-й подгруппе, где она достигла 0,30 (0,20–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$), наиболее низкие значения регистрировались во 2-й подгруппе и составили 0,18 (0,10–0,20) ($p_{Fr} < 0,01$), в 3-й подгруппе – 0,20 (0,10–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$, $p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} = 0,002$). Результаты остроты зрения были сопоставимы с РОЗ, показатели

которой на фоне проводимого лечения достигли более высоких результатов у детей в 1-й подгруппе и через 2 года составили 0,50 (0,40 – 0,50) ($p_{Fr} < 0,001$), во 2-й подгруппе – 0,32 (0,26–0,36) ($p_{Fr} < 0,05$), в 3-й подгруппе – 0,32 (0,20–0,40) ($p_{Fr} < 0,01$), разница между подгруппами была статистически значима ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$; $p_{1-2} < 0,001$; $p_{1-3} < 0,001$).

СЭ у детей после ФемтоЛАЗИК по данным рефрактометрии в условиях циклоплегии на 6-й месяц был ниже на 4,50 дптр по сравнению с дооперационными значениями и составил +1,43 (+1,00 – +2,75) ($p_{Fr} < 0,001$), относительная стабилизация рефракционного компонента произошла к 1-му году наблюдения, когда СЭ составил +1,50 (+1,00 – +2,25) дптр, однако через 2 года он снизился на 0,06 дптр, что связано с ростом ПЗО. Анизометропия снизилась на 4,50 дптр и через 6 месяцев составила 1,00 (0,25–2,50) дптр ($p_{Fr} < 0,001$), через 2 года ее значение было 1,25 (0,50–2,25) дптр ($p_{Fr} < 0,001$).

Динамические изменения вышеперечисленных показателей у детей в различные периоды наблюдения представлены в Таблице 5.

Таблица 5 – Изменение основных клинико-функциональных показателей амблиопичного глаза в группах сравнения (n = 102), Me (P25; P75)

Показатель	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
НКОЗ на 5 м, десятичные единицы					
1-я подгруппа (n=36)	0,08 (0,05–0,10)	0,18 (0,10–0,20)***	0,20 (0,15–0,25)***	0,25 (0,20–0,30)***	0,25 (0,20–0,30)***
2-я подгруппа (n=34)	0,10 (0,05–0,12)	0,10 (0,05–0,12)	0,10 (0,06–0,12)	0,10 (0,05–0,12)	0,10 (0,07–0,15)
3-я подгруппа (n=32)	0,10 (0,05–0,10)	0,10 (0,05–0,10)	0,10 (0,05–0,12)	0,10 (0,05–0,12)	0,11 (0,06–0,12)
p _{1-2-3k-w}	0,493	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₂	0,326	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₃	0,394	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
МКОЗ на 5 м, десятичные единицы					
1-я подгруппа (n=36)	0,14 (0,10–0,20)	0,25 (0,15–0,30)***	0,30 (0,20–0,40)***	0,32 (0,25–0,40)***	0,38 (0,25–0,50)***
2-я подгруппа (n=34)	0,16 (0,10–0,20)	0,18 (0,10–0,20)	0,20 (0,14–0,20)*	0,20 (0,14–0,20)*	0,25 (0,15–0,32)**
3-я подгруппа (n=32)	0,14 (0,10–0,20)	0,18 (0,10–0,25)*	0,20 (0,10–0,30)*	0,25 (0,10–0,32)**	0,31 (0,16–0,40)***
P _{1-2-3k-w}	0,538	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₂	0,291	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₃	0,534	0,014	<0,001	0,013	0,011
СЭ, дптр					
1-я подгруппа (n=36)	+5,93 (+4,25– +7,00)	+1,43 (+1,00– +2,75)***	+1,50 (+1,00– +2,25)***	+1,50 (+1,00– +2,50)***	+1,44 (+1,00– +2,50)***
2-я подгруппа (n=34)	+5,95 (+4,50– +6,75)	+5,93 (+4,50– +6,75)	+5,92 (+4,25– +6,75)	+5,90 (+4,25– +6,75)	+5,90 (+4,50– +6,75)
3-я подгруппа (n=32)	+5,88 (+4,50– +7,25)	+5,88 (+4,50– +7,25)	+5,84 (+4,50– +7,00)	+5,84 (+4,50– +7,00)	+5,82 (+4,50– +6,25)
p _{1-2-3k-w}	0,478	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₂	0,624	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₃	0,253	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продолжение таблицы 5

Показатель	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Анизометропия, дптр					
1-я подгруппа (n=36)	5,50 (3,75–6,50)	1,00 (0,25–2,50)***	1,25 (0,25–2,25)***	1,50 (0,50–2,00)***	1,25 (0,50–2,25)***
2-я подгруппа (n=34)	4,76 (3,75–5,50)	4,76 (3,75–5,50)	4,75 (3,75–5,50)	4,75 (3,75–5,50)	4,74 (3,75–5,50)
3-я подгруппа (n=32)	4,73 (3,25–6,00)	4,70 (3,25–5,75)	4,70 (3,25–5,75)	4,69 (3,25–5,75)	4,69 (3,25–5,75)
p1-2-3k-w	0,305	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-2	0,153	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-3	0,395	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
РОЗ					
1-я подгруппа (n=36)	0,32 (0,12–0,32)	0,40 (0,25–0,50)**	0,40 (0,32–0,50)**	0,49 (0,32–0,50)***	0,50 (0,40–0,63)***
2-я подгруппа (n=34)	0,28 (0,20–0,32)	0,28 (0,20–0,32)	0,28 (0,20–0,32)	0,30 (0,25–0,36)	0,32 (0,26–0,36)*
3-я подгруппа (n=32)	0,20 (0,12–0,32)	0,20 (0,12–0,32)	0,20 (0,12–0,40)	0,32 (0,12–0,40)**	0,32 (0,20–0,40)**
p1-2-3k-w	0,166	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-2	0,492	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-3	0,121	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
НКОЗ на 50 см, десятичные единицы					
1-я подгруппа (n=36)	0,05 (0,05–0,10)	0,15 (0,10–0,25)***	0,20 (0,10–0,30)***	0,23 (0,10–0,30)***	0,23 (0,10–0,30)***
2-я подгруппа (n=34)	0,07 (0,05–0,10)	0,09 (0,06–0,12)	0,10 (0,06–0,12)	0,10 (0,06–0,12)	0,10 (0,07–0,14)
3-я подгруппа (n=32)	0,05 (0,05–0,10)	0,08 (0,05–0,10)**	0,10 (0,05–0,12)**	0,10 (0,05–0,15)**	0,11 (0,06–0,16)***
p1-2-3k-w	0,069	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-2	0,065	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-3	0,793	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Продолжение таблицы 5

Показатель	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
МКОЗ на 50 см, десятичные единицы					
1-я подгруппа (n=36)	0,10 (0,05–0,10)	0,22 (0,10–0,30)***	0,26 (0,20–0,30)***	0,26 (0,20–0,30)***	0,30 (0,20–0,30)***
2-я подгруппа (n=34)	0,13 (0,10–0,20)	0,14 (0,10–0,20)	0,15 (0,10–0,20)*	0,15 (0,10–0,20)*	0,18 (0,10–0,20)*
3-я подгруппа (n=32)	0,12 (0,05–0,20)	0,14 (0,05–0,20)	0,16 (0,05–0,20)*	0,18 (0,10–0,30)**	0,20 (0,10–0,30)***
p _{1-2-3k-w}	0,155	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₂	0,086	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p ₁₋₃	0,163	<0,001	0,002	0,001	0,002

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

Во время наблюдаемого периода во всех группах регистрировался рост ПЗО. Наибольший прирост был зарегистрирован в 1-й группе – на 0,42 мм ($p_{Fr} < 0,05$), однако данные между группами были статистически не достоверны ($p_{1-2-3k-w} > 0,05$). Динамические изменения аксиальной длины глаза у детей представлены в Таблице 6.

Таблица 6 – Изменение ПЗО амблиопичного глаза у детей в группах (n = 102), Me (P25; P75)

Показатель	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа	21,47 (20,68–22,23)	21,64 (20,71–22,34)	21,69 (20,82–22,35)*	21,73* (20,84–22,41)*	21,89* (20,85–22,46)
2-я подгруппа	21,54 (20,76–22,18)	21,55 (20,79–22,20)	21,67 (20,85–22,24)	21,74 (20,92–22,38)	21,78* (20,94–22,41)
3-я подгруппа	21,56 (20,66–22,35)	21,60 (20,68–22,35)	21,76 (20,72–22,33)	21,84* (20,78–22,42)*	21,87* (20,83–22,43)*
$p_{1-2-3k-w}$	0,482	0,431	0,286	0,145	0,258

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$.

3.1.2 Анализ результатов бинокулярных функций

Был проведен анализ результатов формирования бинокулярных функций у детей в группах сравнения.

Нарушение бинокулярного характера зрения до лечения имело место в 88% (81 ребенок) среди всех случаев. В 81,5% (75 детей) случаев был монокулярный характер зрения. На фоне проводимого лечения через 2 года наблюдения проанализированные данные показали, что выполнение ФемтоЛАЗИК позволило ускорить сроки восстановления бинокулярных функций. Бинокулярный характер зрения в 1-й подгруппе впервые появился у 6 человек (+ 16,7% внутри подгруппы) ($p_{x2} < 0,05$), во 2-й подгруппе – у

2 человек (+ 5,9% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$), в 3-й подгруппе – у 3 детей (+ 9,4% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$).

На расстоянии 50 см также преобладал монокулярный характер зрения, который встречался в 93,5% случаев (86 детей). До лечения наибольшее количество детей с монокулярным характером зрения было в 1-й подгруппе. Данные между группами до лечения были статистически значимы, однако через 2 года лечения показатели стали статистически не значимы за счет уменьшения детей с монокулярным характером зрения в 1-й подгруппе. Между 1-й и 2-й подгруппами данные также сначала были статистически значимы, через 6 месяцев численные показатели приблизились, но при дальнейшем наблюдении данные снова стали статистически значимы из-за большего снижения количества пациентов с монокулярным характером зрения. После ФемтоЛАЗИК через 2 года лечения у 8 детей (+ 22,2% внутри подгруппы) ($p_{x2} < 0,01$) впервые появилось бинокулярное зрение. У детей с контактной коррекцией основной прирост был среди пациентов с одновременным характером зрения – 4 ребенка (+ 12,5% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$), у которых монокулярный характер зрения перешел в одновременный. У детей с очковой коррекцией бинокулярные функции на расстоянии 50 см появились только у 1 ребенка ($p_{x2} > 0,05$). Динамические изменения характера зрения представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Результаты оценки характера зрения при помощи четырехточечного цветотеста у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n=102), %

Характер зрения	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
	5 метров				
Монокулярное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	29 (80,6%)	26 (72,2%)	24 (66,7%)	23 (63,9%)	22* (61,1%)
2-я подгруппа (n=34)	29 (85,3%)	28 (82,4%)	27 (79,4%)	26 (76,5%)	26 (76,5%)
3-я подгруппа (n=32)	26 (81,3%)	23 (71,9%)	23 (71,9%)	22 (68,7%)	21 (65,6%)
$p_{1-2-3} \chi^2$	0,302	0,522	0,488	0,516	0,373
Одновременное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	3 (8,3%)	3 (8,3%)	3 (8,3%)	4 (11,1%)	4 (11,1%)
2-я подгруппа (n=34)	2 (5,9%)	2 (5,9%)	3 (8,8%)	3 (8,8%)	3 (8,8%)
3-я подгруппа (n=32)	2 (6,2%)	3 (9,4%)	3 (9,4%)	3 (9,4%)	4 (12,5%)
$p_{1-2-3} \chi^2$	0,909	0,862	0,987	0,945	0,88
Бинокулярное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	4 (11,1%)	7 (19,5%)	9 (25%)	9 (25%)	10*(27,8%)
2-я подгруппа (n=34)	3 (8,8%)	4 (11,8%)	4 (11,8%)	5 (14,7%)	5 (14,7%)
3-я подгруппа (n=32)	4 (12,5%)	6 (18,8%)	6 (18,8%)	7 (21,9%)	7 (21,9%)
$p_{1-2-3} \chi^2$	0,888	0,641	0,364	0,554	0,413
	50 сантиметров				
Монокулярное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	31 (86,1%)	26 (72,2%)	24* (66,7%)	21** (58,4%)	21** (58,4%)
2-я подгруппа (n=34)	29 (85,3%)	28 (82,3%)	27 (79,4%)	26 (76,4%)	26 (76,4%)
3-я подгруппа (n=32)	26 (81,3%)	24 (75%)	22 (68,8%)	21 (65,6%)	21* (65,6%)
$p_{1-2-3} \chi^2$	0,413	0,591	0,454	0,271	0,271
Одновременное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	1 (2,8%)	2 (5,6%)	2 (5,6%)	3 (8,3%)	3 (8,3%)
2-я подгруппа (n=34)	2 (5,9%)	2 (5,9%)	3 (8,8%)	4 (11,8%)	4 (11,8%)
3-я подгруппа (n=32)	2 (6,2%)	4 (12,5%)	5 (15,6%)	6 (18,8%)	6 (18,8%)
$P_{1-2-3} \chi^2$	0,762	0,496	0,368	0,428	0,428

Продолжение таблицы 7

Характер зрения	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Бинокулярное зрение, абс. число детей (%)					
1-я подгруппа (n=36)	4 (11,1%)	8 (22,2%)	10* (27,8%)	12** (33,3%)	12** (33,3%)
2-я подгруппа (n=34)	3 (8,8%)	4 (11,8%)	4 (11,8%)	4 (11,8%)	4 (11,8%)
3-я подгруппа (n=32)	4 (12,5%)	4 (12,5%)	5 (15,6%)	5 (15,6%)	5 (15,6%)
$P_{1-2-3} \chi^2$	0,888	0,406	0,198	0,058	0,058
p_{1-2}	0,294	0,132	0,061	0,023	0,023
p_{1-3}	0,287	0,149	0,115	0,056	0,056

Примечание: разница статистически достоверна относительно данных до лечения по методу Мак-Нимара: * – $p < 0,050$, но $> 0,010$; ** – $p < 0,010$, но $> 0,001$; *** – $p < 0,001$.

3.2 Анализ результатов коэффициентов аккомодограмм

В данной части главы был выполнен сравнительный мониторинг аккомодограмм амблиопичного глаза на аккомодографе Righton Speedy-K (США).

По данным аккомодографа была выявлена анизометрия. В амблиопичном глазу в связи с низкой реакцией на аккомодационный стимул отсутствовал нарастающий ход кривой, встречались «выпадения» вследствие отсутствия ответа цилиарной мышцы на предъявляемый стимул (Рисунок 5). Цветовая палитра зависела от частоты высокочастотного КМФ. Было установлено, что при варьировании данного показателя в пределах 55–59 мкф/мин аккомодограмма имела желто-зеленую цветовую гамму, при достижении КМФ более 60 мкф/мин гистограмма становилась красно-желтого цвета.

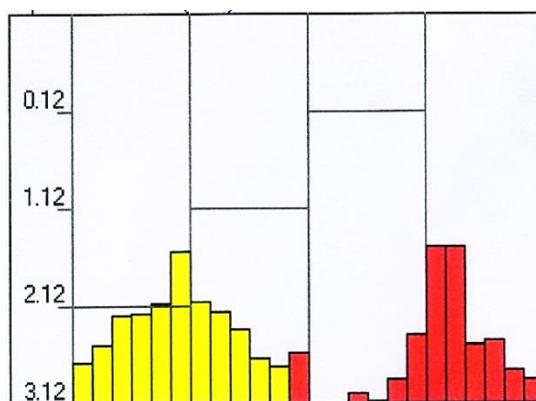


Рисунок 5 – «Выпадение» аккомодограммы в амблиопичном глазу

До лечения в амблиопичном глазу регистрировалось 2 типа аккомодограмм. Распределение аккомодограмм между группами было равномерное. Первый тип аккомодограммы – комбинированный тип нарушений. Он имел пологий ход, связанный с низким аккомодационным ответом, но с сохранением высокой частоты аккомодационных микрофлюктуаций, которая придавала красно-желтую палитру (Рисунок 6А). Такой тип аккомодограмм чаще встречался в 88,6% случаев детей с амблиопией средней степени. Второй тип аккомодограммы – слабость аккомодации. Он соответствовал низкому аккомодационному ответу с низкой частотой аккомодационных микрофлюктуаций (Рисунок 6Б). Данный тип аккомодограммы имел пологий ход и зелено-желтую палитру, встречался в 76,1% случаев детей с амблиопией высокой степени.

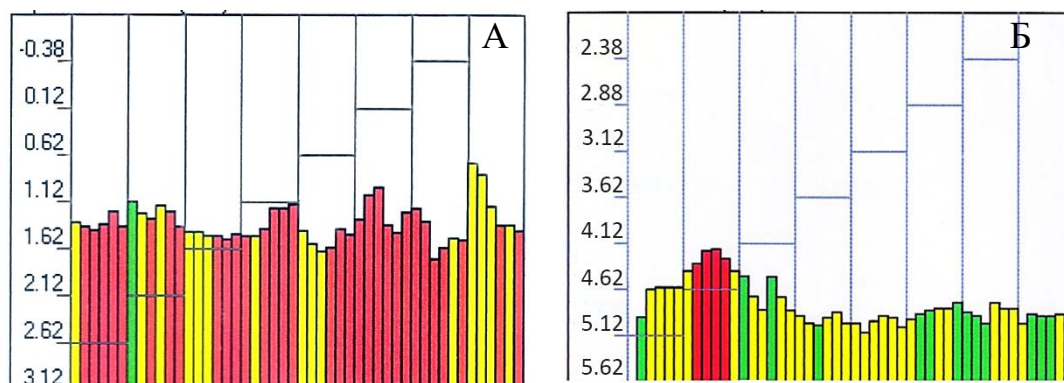


Рисунок 6 – Аккомодограммы амблиопичного глаза до лечения:

А – первый тип; Б – второй тип

Для повышения точности полученных результатов была разработана оптимизированная формула расчета КАО при помощи компьютерного аккомодографа Righton Speedy K (подана заявка на патент). Определение углового линейного коэффициента наклона кривой, представляющего линию тренда, рассчитывали методом наименьших квадратов по всем информативным точкам данного обследования (N точек) по предложенной формуле:

$$КАО = \frac{N \sum (AC_i - R) \sum AO_i - \sum (AC_i - R) \sum AO_i}{N \sum (AC_i - R)^2 \sum AO_i - (\sum (AC_i - R))^2}$$

где КАО – коэффициент аккомодационного ответа, AO_i – аккомодационный ответ в диоптриях, AC_i – аккомодационный стимул в диоптриях, R – собственная рефракция.

Анализ коэффициентов аккомодограмм амблиопичного глаза до лечения показал снижение КАО и КР. После проводимого лечения отмечалось приближение данных к референсным значениям. В 1-й подгруппе в первые 6 месяцев после выполнения операции в связи со снижением степени рефракции отмечалось резкое повышение КАО с 0,01 (-0,05–0,08) до 0,08 (0,02–0,12) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,01$) в отличие от других подгрупп, где его повышение было менее значимым ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$). Через 2 года наиболее высокие показания КАО сохранялись в 1-й подгруппе, где он повысился на 0,12 и составил 0,13 (0,10–0,15) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,001$). Прирост КАО у детей 2-й и 3-й подгрупп был близок – на 0,07 и 0,08 усл. ед. соответственно, и составил 0,05 (0,02–0,08) и 0,09 (0,06–0,12) усл. ед. соответственно ($p_{Fr} < 0,01$ в обеих подгруппах), однако данный показатель во всех подгруппах оставался ниже референсных значений. Данные между подгруппами были статистически значимы ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$). КР через 2 года наблюдения наиболее значимо повысился в 3-й подгруппе – на 0,07 усл. ед., приблизившись к нижней границе нормы, и составил 0,59 (0,48–0,63) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,001$), в остальных подгруппах КР повысился на 0,03 усл. ед. и в 1-й подгруппе составил 0,54 (0,49–0,56) усл. ед., во 2-й подгруппе – 0,52 (0,46–0,56) усл. ед. ($p_{Fr} > 0,05$ в обеих группах, $p_{1-2-3k-w} = 0,112$). КУС

амблиопичного глаза во всех подгруппах был в пределах нормы, и значимых изменений в данном показателе не наблюдалось. КМФ до лечения был близок к референсным значениям. В 1-й подгруппе через 6 месяцев после операции КМФ значительно повысился с 57,86 (53,2–59,36) до 65,59 (62,10–68,42) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$), к концу наблюдаемого периода отмечалось его постепенное снижение до 62,17 (60,40–63,80) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$). Во 2-й и 3-й подгруппах отмечалось постепенное повышение КМФ, более выраженное в 3-й подгруппе, где он составил 62,06 (58,45–65,47) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$). Различия данных КМФ между 1-й и 3-й подгруппами через 2 года наблюдения были статистически не значимы ($p_{1-3} = 0,541$), в отличие от 2-й подгруппы ($p_{1-2} < 0,001$). Динамические изменения коэффициентов аккомодограмм представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Динамика изменений коэффициентов аккомодограммы амблиопичного глаза по данным аккомодографа в группах (n=102), Me (P25; P75)

Коэффициент	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Референсные значения	0,25-0,65				
КАО, усл. ед					
1-я подгруппа (n=36)	0,01 (-0,05–0,08)	0,08 (0,02–0,12)**	0,11 (0,08–0,13)**	0,11 (0,09–0,15)**	0,13 (0,10–0,15)***
2-я подгруппа (n=34)	-0,02 (-0,09–0,09)	0,01 (-0,02–0,05)	0,03 (0,00–0,06)*	0,05 (0,01–0,07)**	0,05 (0,02–0,08)**
3-я подгруппа (n=32)	0,01 (-0,06–0,08)	0,03 (-0,01–0,08)	0,06 (0,00–0,10)*	0,07 (0,04–0,1)**	0,09 (0,06–0,12)**
p1-2-3 k-w	0,427	0,014	<0,001	<0,001	<0,001
p1-2	0,213	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p1-3	0,792	0,018	<0,001	<0,001	<0,001
Референсные значения	0,00–0,30				
КУС, усл. ед					
1-я подгруппа (n=36)	0,25 (0,18–0,28)	0,25 (0,18–0,28)	0,28 (0,22–0,32)	0,26 (0,22–0,30)	0,26 (0,24–0,30)
2-я подгруппа (n=34)	0,26 (0,17–0,26)	0,26 (0,18–0,29)	0,27 (0,20–0,30)	0,28 (0,20–0,31)	0,27 (0,25–0,30)
3-я подгруппа (n=32)	0,28 (0,19–0,30)	0,28 (0,19–0,29)	0,26 (0,20–0,30)	0,26 (0,18–0,30)	0,25 (0,18–0,28)
p1-2-3 k-w	0,006	0,072	0,726	0,297	0,308
Референсные значения	0,60–0,90				
КР, усл. ед					
1-я подгруппа (n=36)	0,51 (0,47–0,53)	0,50 (0,48–0,53)	0,53 (0,50–0,58)	0,52 (0,50–0,55)	0,54 (0,49–0,56)
2-я подгруппа (n=34)	0,49 (0,41–0,54)	0,51 (0,49–0,55)	0,51 (0,43–0,55)	0,52 (0,48–0,58)	0,52 (0,46–0,56)
3-я подгруппа (n=32)	0,52 (0,47–0,56)	0,55 (0,48–0,50)	0,56 (0,48–0,63)	0,56 (0,48–0,63)*	0,59 (0,48–0,63)**
p1-2-3 k-w	0,300	0,378	0,055	0,286	0,112

Продолжение таблицы 8

Коэффициент	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Референсные значения	до 57				
КМФ, мкф/мин					
1-я подгруппа (n=36)	57,86 (53,20–59,36)	65,59 (62,10–68,42)***	63,45 (60,34–66,91)***	63,50 (60,74–65,68)***	62,17 (60,40–63,80)***
2-я подгруппа (n=34)	56,54 (52,32–57,84)	57,78 (54,85–61,03)	58,03 (56,25–60,32)*	58,74 (56,32–60,31)**	58,62 (56,35–60,05)***
3-я подгруппа (n=32)	57,50 (53,69–59,67)	59,73 (55,68–63,33)**	60,03 (56,87–64,90)***	61,45 (58,4–65,28)***	62,06 (58,45–65,47)***
$p_{1-2-3 \text{ k-w}}$	0,471	<0,001	<0,001	<0,001	0,006
p_{1-2}	0,500	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p_{1-3}	0,463	<0,001	0,028	0,063	0,541

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

Изменения коэффициентов проявлялись в изменении гистограмм. В 1-й подгруппе сразу после выполнения ФемтоЛАЗИК усиливалась красная палитра (Рисунок 7А), что, вероятно, связано с адаптацией аккомодационной системы к изменившейся рефракции в раннем послеоперационном периоде. На фоне проводимого лечения аккомодограмма начала приобретать небольшой нарастающий ход. К концу лечения красно-желтая палитра уменьшалась (Рисунок 7Б, 7В).

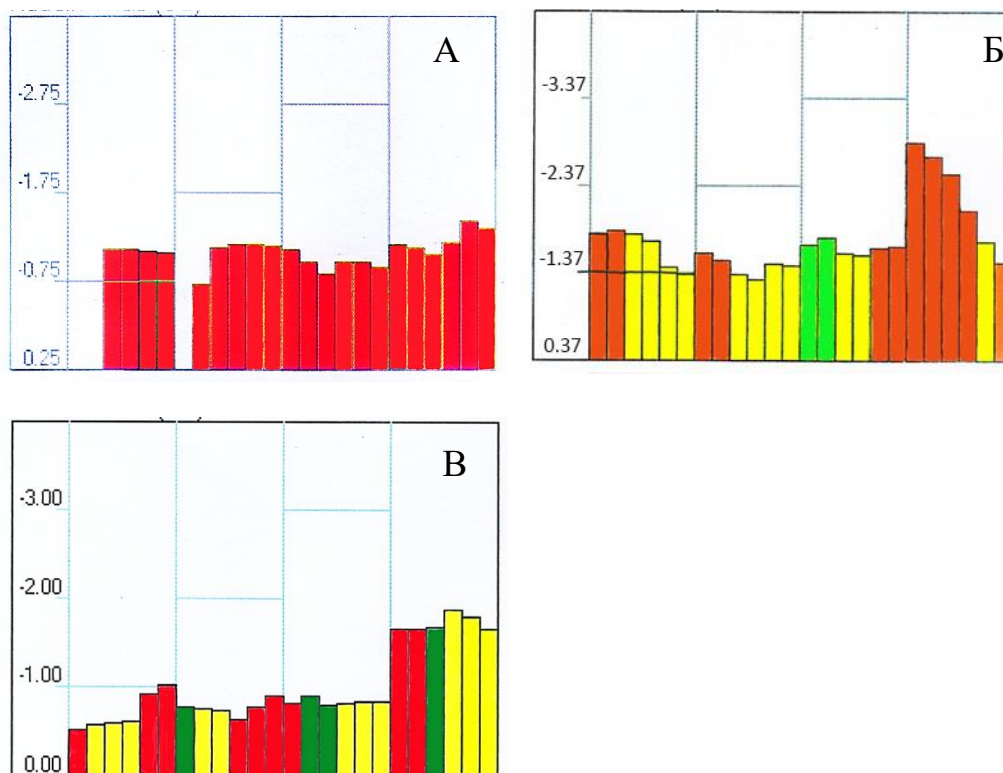
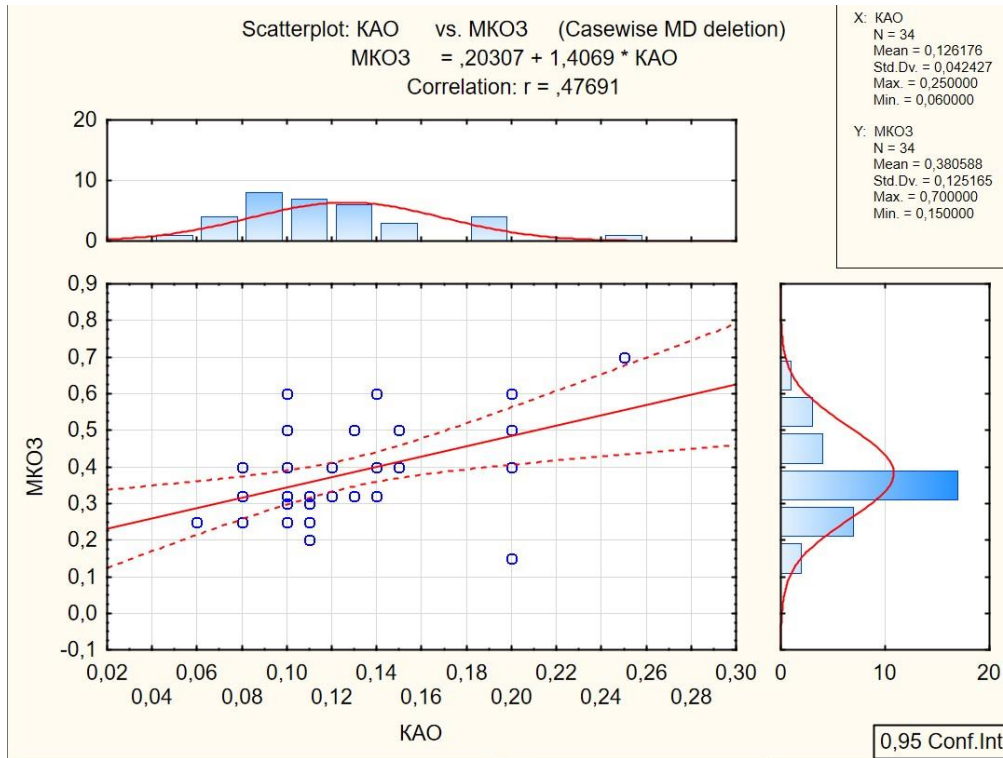


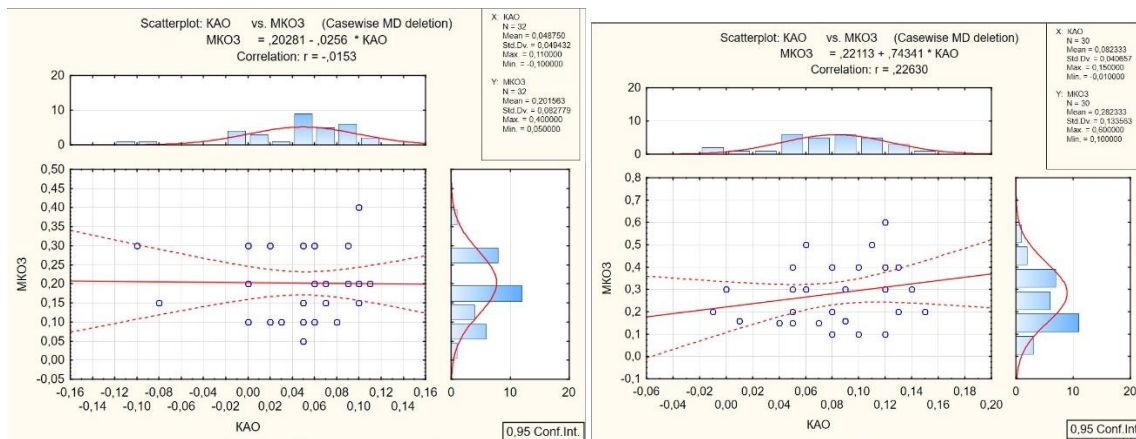
Рисунок 7 – Аккомодограмма амблиопичного глаза после операции:

А – через 1 месяц; Б – через 1 год; В – через 2 года

При анализе корреляции коэффициентов аккомодограммы и остроты зрения у детей 1-й подгруппы была установлена прямая корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока между КАО и МКОЗ ($r_s = 0,47$) (Рисунок 8).



1-я подгруппа



2-я подгруппа

3-я подгруппа

Рисунок 8 – Графики корреляционной зависимости по Спирмену
 КАО и МКОЗ у детей в трех подгруппах сравнения I группы

Снижение рефракционного компонента и, как следствие этого, уменьшение или устранение анизометропии у детей в группе после ФемтоЛАЗИК способствует более тесной связи с аккомодационным ответом по сравнению с группами сравнения, где данные рефракции оставались прежними. Повышение аккомодационного ответа создает условия для

повышения НКОЗ и МКОЗ, которые, в свою очередь, формируя более тесную связь с ЗОА, способствуют их повышению.

Таким образом, сравнительный анализ клинико-функциональных данных показал более значимое улучшение НКОЗ и МКОЗ на расстоянии 5 м и 50 см у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК в срок через 2 года по сравнению детьми с очковой или контактной коррекцией. Наиболее значимое повышение данных показателей у детей после ФемтоЛАЗИК было через 6 месяцев, в остальных группах сравнения – через 2 года, что свидетельствовало о более быстрых сроках реабилитации детей с анизометропической амблиопией вследствие уменьшения рефракционного нарушения после выполнения ФемтоЛАЗИК. Восстановление бинокулярных функций было сопряжено с повышением остроты зрения, и, несмотря на отсутствие критического периода развития бинокулярного зрения, во всех группах были дети с впервые сформированными бинокулярными функциями на расстоянии 5 м и 50 см, что свидетельствует о наличии относительной восприимчивости бинокулярной зрительной системы в данном возрасте. Наибольший прирост пациентов с бинокулярным зрением в группе детей после ФемтоЛАЗИК регистрировался через 6 месяцев наблюдения, в остальных группах – через 1,5 года. Данные изменения также свидетельствуют о более быстрых сроках восстановления у детей после выполнения РЛО.

Проведенный анализ аккомодационных нарушений показал у всех детей в амблиопичном глазу до начала лечения сходные аккомодационные нарушения. У всех детей регистрировалась анизоаккомодация, в основном за счет низкого коэффициента аккомодационного ответа в амблиопичном глазу и высокого коэффициента микрофлюктуаций в парном ведущем глазу. У пациентов с анизометропической амблиопией высокой степени исходно в 76,1% регистрировалась слабость аккомодации, проявляющаяся низкими КАО и КМФ и наличием «выпадений». У детей с амблиопией средней степени, как правило, регистрировался комбинированный тип нарушения аккомодации,

проявляющийся низким КАО и высоким КМФ. В подгруппе после ФемтоЛАЗИК с последующим оптико-функциональным лечением уменьшение рефракционного нарушения после операции позволило достигнуть достоверно более высоких значений КАО. Также у детей после ФемтоЛАЗИК в отличие от других подгрупп через 6 месяцев резко повышался КМФ, что связано со значимым повышением клинико-функциональных данных в этот период, и затем данный коэффициент постепенно снижался. В других подгруппах отмечалось постепенное повышение КМФ, ко 2-му году наблюдения его значение было близким у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией.

Данные изменения показывают, что повышение остроты зрения приводит к повышению микрофлюктуаций выше референсных значений, т.е. слабость аккомодации, являющаяся тяжелым функциональным поражением цилиарной мышцы, переходит в комбинированный тип нарушения аккомодации. При последующем повышении аккомодационного ответа происходит стабилизация чрезмерного колебания микрофлюктуаций.

**ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ
АККОМОДАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НА АВТОРЕФРАКТОМЕТРЕ ОТКРЫТОГО ПОЛЯ И РАЗРАБОТКА
МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЯ
ТОЛЩИНЫ ЦИЛИАРНОЙ МЫШЦЫ НА ОПТИЧЕСКОМ
КОГЕРЕНТНОМ ТОМОГРАФЕ У ПАЦИЕНТОВ
С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И
ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ**

Несмотря на значительный накопленный клинический опыт и многочисленные научные исследования аккомодации, особенности аккомодационной функции у пациентов с амблиопией остаются не до конца изученными.

Это определило цель данного этапа исследования, направленного на оптимизацию и разработку новых методов диагностики аккомодации в амблиопичном глазу. Для решения поставленной цели был проведен сравнительный анализ результатов исследования объективного аккомодационного ответа, объективных запасов относительной аккомодации, толщины цилиарной мышцы и амплитуды ее колебания у детей с анизометропией, амблиопией, гиперметропией и эметропией.

**4.1 Разработка оптимизированного метода исследования объективного
аккомодационного ответа и объективных запасов относительной
аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей
с анизометропической амблиопией и гиперметропией**

Диагностика аккомодации у пациентов с амблиопией затруднена, так как амблиопия приводит к нарушению фокусировки предметов при

зрительной работе вблизи. Вышерассмотренные проблемы повышают актуальность разработки методик исследования аккомодации у пациентов с амблиопией и анизометропией.

Исследование шло в следующих направлениях:

- разработка усовершенствованного адаптированного метода определения ОАО и объективных ЗОА для детей с анизометропической амблиопией высокой и средней степени;
- разработка нормы ОАО на мишень, равную остроте зрения 0,1;
- анализ полученных результатов по оптимизированной технологии.

4.1.1 Разработка технологии объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией

Исследование проводили сидя перед авторефрактометром «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K (Япония). Данный прибор дает больше возможностей по сравнению с обычным авторефрактометром. В процессе исследования вокруг пациента не должно быть отвлекающих действий или предметов, снижающих концентрацию внимания. Так как у пациентов была гиперметропия более 1,0 дптр, перед измерением рефракции ребенок после достижения полного упора подбородка и лба смотрел вдаль через линзу Френеля в течение 30 с для расслабления аккомодации с последующим измерением рефракции вдаль при фиксации взгляда на мишени на расстоянии 5 м. Вначале исследования необходимо было удостовериться в совпадении оси взгляда пациента и оптической оси прибора, для этого фокусирующую мишень располагали на оси прибора. Пациент фиксировал взгляд на точке, откуда исходил измерительный луч. Ребенку надевали мягкую контактную линзу, астигматизм более 1,0 дптр дополнительно корректировался пробными очковыми линзами. Затем проводили повторное измерение рефракции вдаль с

коррекцией. Впоследствии исследовали объективный аккомодационный ответ при помощи ближней фокусирующей мишени, соответствующей тексту для чтения № 10. Мишень была вставлена в держатель и зафиксирована на передвижном блоке на расстоянии 33 см. Затем пациент фиксировал взгляд на тексте обоими глазами, обеспечивая напряжение аккомодации, далее проводили измерение рефракции каждого глаза (патент РФ на изобретение № 2811739 приоритет 19.06.2023) (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Определение объективного аккомодационного ответа

В последующем для определения объективных запасов относительной аккомодации на пациента надевали пробную оправу и подставляли отрицательные линзы $-0,5$ с нарастающей силой в $0,5$ дптр до сохранения разницы аккомодационного ответа с нагрузкой менее $0,75$ дптр (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Определение объективных запасов относительной аккомодации

Был разработан оптимизированный метод, позволяющий минимизировать диагностические ошибки у детей с амблиопией и оценить эффективность проводимого лечения за счет изменения ОАО и объективных ЗОА.

4.1.2 Анализ результатов объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением

В данной части главы был проведен сравнительный анализ показателей аккомодации на авторефрактометре открытого поля между подгруппами и показателями детей с эметропией.

В связи с отсутствием в доступной литературе нормативной базы аккомодационного ответа на мишень, равную остроте зрения 0,1, было

проведено обследование ОАО детей с аналогичным возрастом по описанной выше методике в целях создания нормы для сравнения данных. В проведенном исследовании у 100 детей с эмметропией ОАО на текст для чтения № 10 составил -2,68 (-2,55 – -2,75) дптр.

Во всех трех подгруппах ОАО обоих глаз был снижен по сравнению с показателями детей с эмметропией. К концу наблюдаемого периода во всех группах отмечалось статистически значимое повышение ОАО. Результаты представлены в Таблице 9. Через 6 месяцев наиболее высокое повышение данного показателя было в 1-й подгруппе – на 0,5 дптр, составив -1,50 (-1,25 – -1,75) дптр ($p_{Fr} < 0,01$), в отличие от ОАО в остальных группах, где он был -1,25 (-1,00 – -1,50) во 2-й подгруппе и -1,31 (-1,00 – -1,50) дптр ($p_{Fr} > 0,05$) в 3-й подгруппе ($p_{1-2-3\ k-w} = 0,006$, $p_{1-2} = 0,002$, $p_{1-3} = 0,004$). Через 2 года наибольшее значение ОАО сохранялось в 1-й подгруппе – -1,88 (-1,50 – -2,25) дптр ($p_{Fr} < 0,001$), у детей 3-й подгруппы показатель был ниже и составил -1,73 (-1,50 – -2,00) дптр ($p_{Fr} < 0,001$), самые низкие значения были во 2-й подгруппе – -1,42 (-1,25 – -1,50) дптр ($p_{1-2-3\ k-w} = < 0,001$, $p_{1-2} = < 0,001$, $p_{1-3} = 0,031$).

Таблица 9 – Динамика ОАО амблиопичного глаза у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n = 102) и у детей с эмметропией (n = 100),

Me (P25; P75)

ОАО, дптр	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа (n=36)	-1,00 (-0,75 – -1,50)	-1,50** (-1,25 – -1,75)	-1,63** (-1,50 – -2,25)	-1,75*** (-1,50 – -2,25)	-1,88*** (-1,50 – -2,25)
2-я подгруппа (n=34)	-1,20 (-1,00 – -1,50)	-1,25 (-1,00 – 1,50)	-1,29 (-1,00 – -1,50)	-1,38* (-1,12 – -1,50)	-1,42** (-1,25 – -1,50)
3-я подгруппа (n=32)	-1,25 (-0,75 – -1,50)	-1,31 (-1,00 – -1,50)	-1,33* (-1,25 – -1,50)	-1,50** (-1,25 – -2,00)	-1,73*** (-1,50 – -2,00)
p1-2-3 k-w	0,478	0,006	<0,001	0,001	<0,001
p1-2	0,262	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
p1-3	0,365	0,004	0,002	0,013	0,031
Эмметропия (n=100)	-2,68 (-2,55 – -2,75)				

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

Объективные ЗОА были значительно снижены по сравнению с нормой, равной -3,0 – -5,0 дптр [126]. Начиная с 6-го месяца повышение объективных ЗОА в амблиопичном глазу в 1-й и 3-й подгруппах было сопоставимым. Через 6 месяцев объективные ЗОА повысились на 0,5 дптр в обеих подгруппах, составив -1,50 (-1,00 – -1,50) ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-3} = 0,443$), во 2-й подгруппе данные значения были неизменными. Через 2 года ЗОА в 1-й и 3-й подгруппах были равны -2,00 (-1,50 – -2,00) дптр ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-3} = 0,634$), во 2-й подгруппе данный показатель также повысился, но менее значимо, составив -1,50 (-1,25 – -1,50) дптр ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2} < 0,001$). Результаты представлены в Таблице 10.

Таблица 10 – Динамика объективных ЗОА амблиопичного глаза у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n = 102), Me (P25; P75)

Объективные ЗОА, дптр (норма -3,0 – -5,0)	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа (n=36)	-1,00 (-1,00 – -1,50)	-1,50** (-1,00 – -1,50)	-1,50** (-1,50 – -2,00)	-1,75*** (-1,50 – -2,00)	-2,00*** (-1,50 – -2,00)
2-я подгруппа (n=34)	-1,00 (-1,00 – -1,50)	-1,00 (-1,00 – 1,50)	-1,00 (-1,00 – -1,50)	-1,00 (-1,00 – -1,50)	-1,50** (-1,25 – -1,50)
3-я подгруппа (n=32)	-1,18 (-1,00 – -1,50)	-1,50** (-1,00 – -1,50)	-1,50** (-1,00 – -2,00)	-1,50** (-1,50 – -2,00)	-2,00*** (-1,50 – -2,00)
p _{1-2-3 k-w}	0,392	0,006	0,001	<0,001	0,001
p ₁₋₂	0,763	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001
p ₁₋₃	0,286	0,443	0,028	0,088	0,634

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

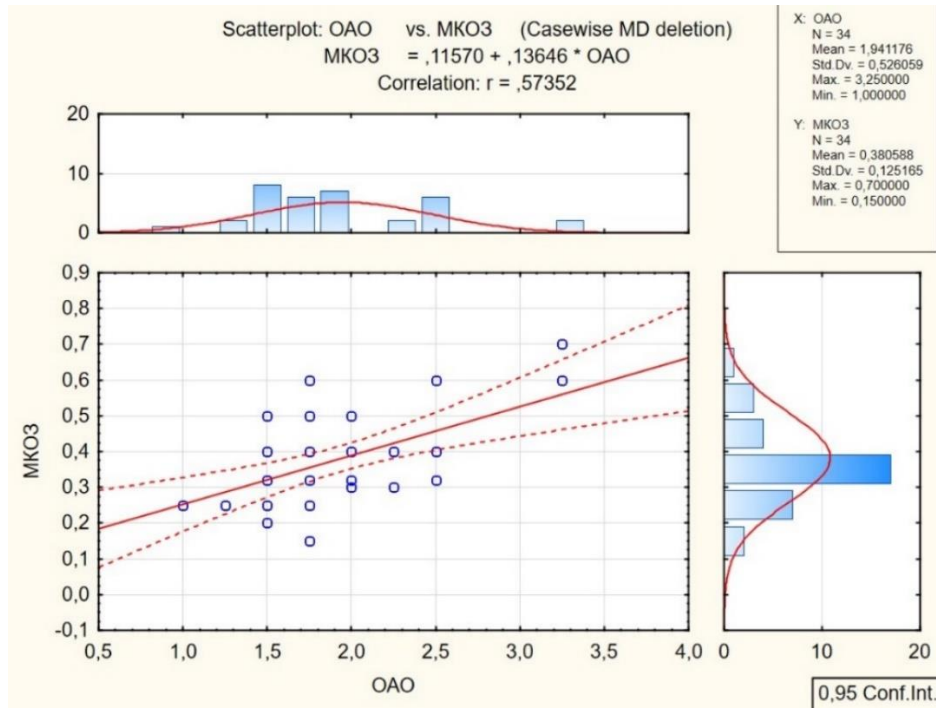
Анализ устойчивости ОАО показал, что в 87% случаев среди всех подгрупп была неустойчивость ОАО. В амблиопичном глазу после 3-минутного чтения, как правило, усиливалась миопическая рефракция ОАО. На фоне проводимого лечения устойчивый ОАО в амблиопичном глазу в 1-й подгруппе впервые появился у 6 детей (+ 16,7% внутри подгруппы) ($p_{x2} < 0,05$), во 2-й подгруппе – у 2 детей (+ 5,9% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$), в 3-й подгруппе – у 4 детей (+ 12,5% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$) (Таблица 11).

Таблица 11 – Встречаемость устойчивой аккомодации в амблиопичном глазу у детей с анизометропией и амблиопией в подгруппах (n = 102), %

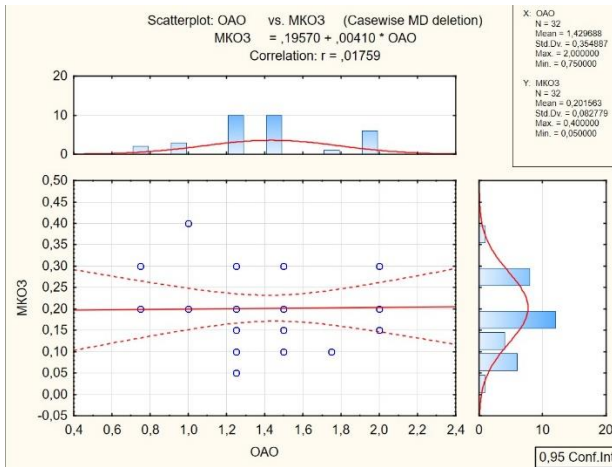
Устойчивый ОАО, дптр норма (0,0 – -0,5)	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа (n=36)	4 (11,1 %)	8 (22,2%)	8 (22,2%)	9 (25%)	10*(27,8%)
2-я подгруппа (n=34)	5 (14,7%)	5 (14,7%)	6 (17,6%)	7 (20,6%)	7 (20,6%)
3-я подгруппа (n=32)	3 (9,4%)	5 (15,6%)	5 (15,6%)	6 (18,8%)	7 (21,9%)
$p_{1-2-3} \chi^2$	0,169	0,249	0,235	0,218	0,227

Примечание: разница статистически достоверна относительно данных до лечения по методу Мак-Нимара: * – $p < 0,050$, но $> 0,010$; ** – $p < 0,010$, но $> 0,001$; *** – $p < 0,001$.

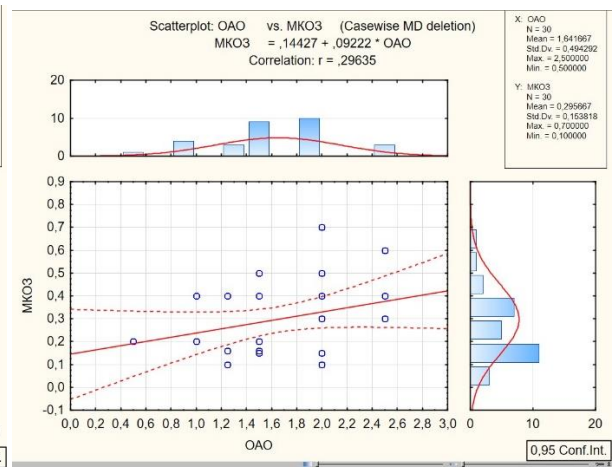
В 1-й подгруппе через 2 года лечения была установлена прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока между ОАО и МКОЗ ($r_s = 0,57$) (Рисунок 11), объективными ЗОА и МКОЗ ($r_s = 0,6$) (Рисунок 12), что говорит об улучшении не только остроты зрения амблиопичного глаза после ФемтоЛАЗИК, но и аккомодационного компонента. В остальных группах также регистрировалась аналогичная связь, но она была слабой. Данные показания сопоставимы с корреляционной связью КАО и МКОЗ.



1-я подгруппа

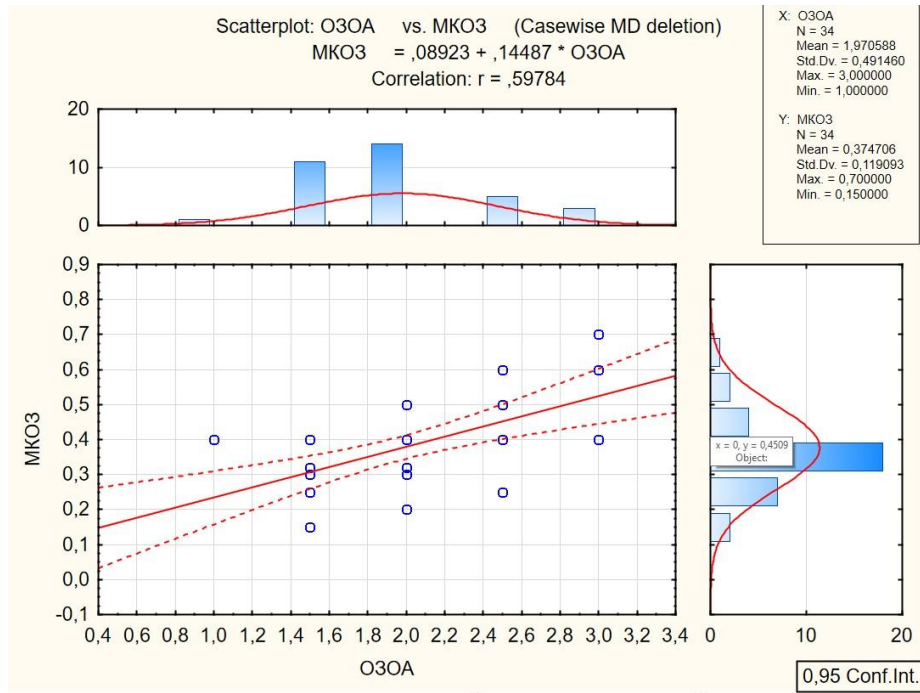


2-я подгруппа

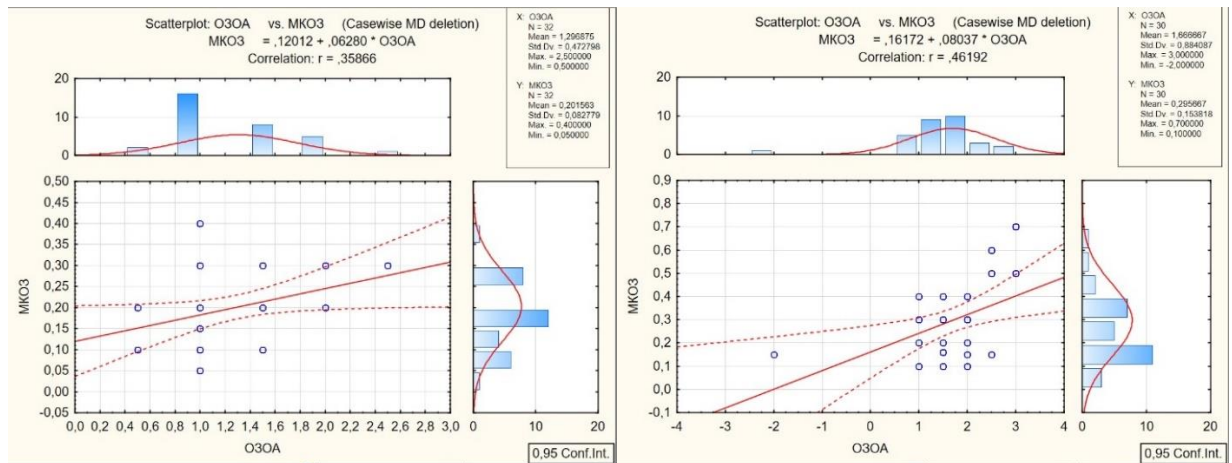


3-я подгруппа

Рисунок 11 – График корреляционной зависимости по Спирмену OAO и MKO3 у детей в трех подгруппах сравнения I группы



1-я подгруппа

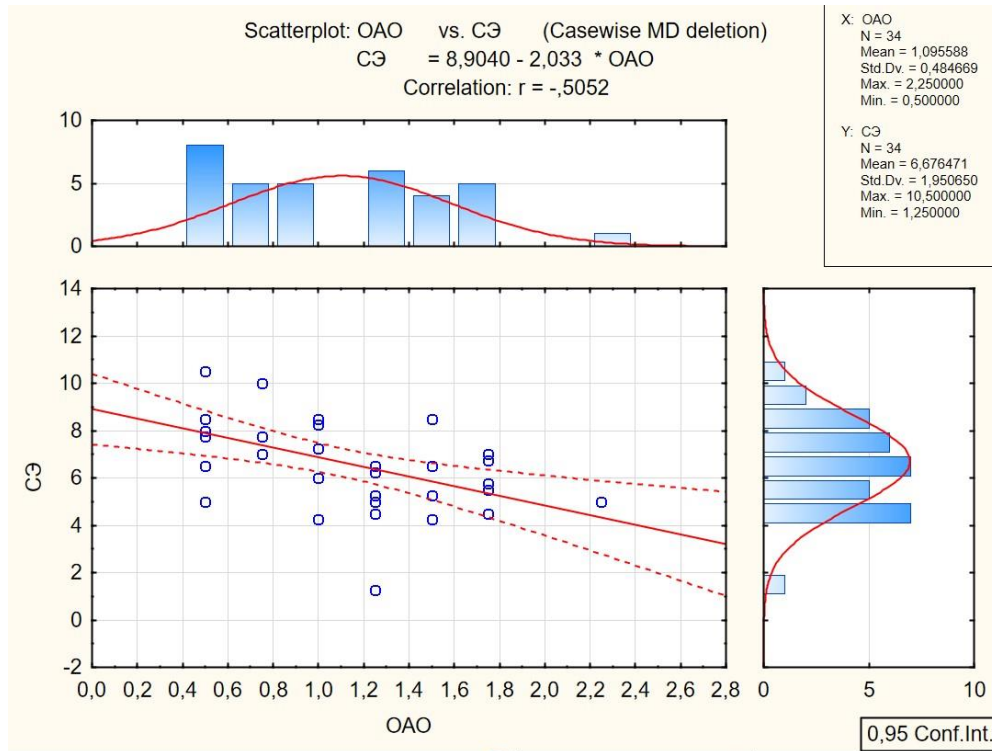


2-я подгруппа

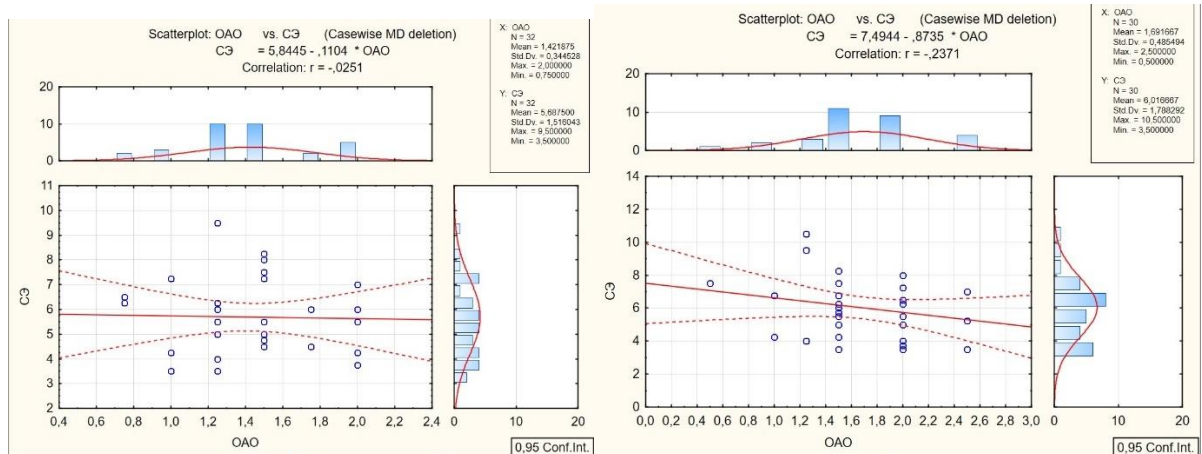
3-я подгруппа

Рисунок 12 – Графики корреляционной зависимости по Спирмену объективных ЗОА и остроты зрения у детей в трех подгруппах сравнения I группы

В то же время данные изменения показывают обратную корреляционную связь СЭ и ОАО, т.е. чем меньше СЭ тем больше ОАО ($r_s = 0,5$) (Рисунок 13), что подтверждает эффективность выполнения ФемтоЛАЗИК в лечение аккомодационных нарушений.



1-я подгруппа



2-я подгруппа

3-я подгруппа

Рисунок 13 – Графики корреляционной зависимости по Спирмену OAO и CЭ у детей в трех подгруппах сравнения I группы

Таким образом, была создана норма OAO на мишень, равную остроте зрения 0,1, полученная в результате диагностики у детей с эмметропией. У всех детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией OAO и ЗОА были снижены по сравнению с показателями детей с эмметропией. На фоне проводимого лечения данные показатели приближались к пациентам с

эмметропичной рефракцией. У детей после ФемтоЛАЗИК с 6-го месяца наблюдения и далее в течение всего периода регистрировался наиболее высокий ОАО, что согласуется с изменениями коэффициента аккомодационного ответа по данным аккомодографа. Изменения объективных ЗОА в 1-й и 3-й подгруппах на фоне проводимого лечения были близки, однако встречаемость устойчивого ОАО была выше у детей после ФемтоЛАЗИК.

4.2 Разработка метода исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией

В данной части главы проводилась разработка высокоточного и максимально информативного способа определения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы у детей с анизометропией и амблиопией при включенной и медикаментозно выключенной аккомодации.

Исследование шло в следующих направлениях:

- разработка метода определения колебания цилиарной мышцы, адаптированного для детей с анизометропической амблиопией высокой и средней степени;
- разработка нормы амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы на мишень, равную остроте зрения 0,1;
- анализ полученных результатов по разработанной технологии.

4.2.1 Разработка технологии исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией

Согласно разработанному методу диагностики исследования проводились при помощи ОКТ CASIA2 (Tomey, Япония), позволявшей

благодаря своей конфигурации, усовершенствованным режимам измерения угла передней камеры и более быстрым измерениям с большим количеством сканов провести исследование аккомодационной функции цилиарной мышцы у детей.

Аккомодация диагностировалась при естественной аккомодации с узким зрачком – с предварительно установленной контактной линзой оптической силы, соответствующей максимальной остроте зрения, и при медикаментозно выключенной аккомодации после удаления контактной линзы. Съемку цилиарной мышцы с узким зрачком проводили с мишенью – снежинкой черного цвета на белом фоне размером, соответствующим остроте зрения 0,1, и на заданном расстоянии 33 см, с широким зрачком – без мишени со смещением на 40 градусов от центра (Рисунок 14). Угол в 40 градусов позволял зафиксировать мишень при минимальном повороте глаза, когда оптическая ось томографа проходит через склеру, а не через роговицу, что снижает оптические искажения.

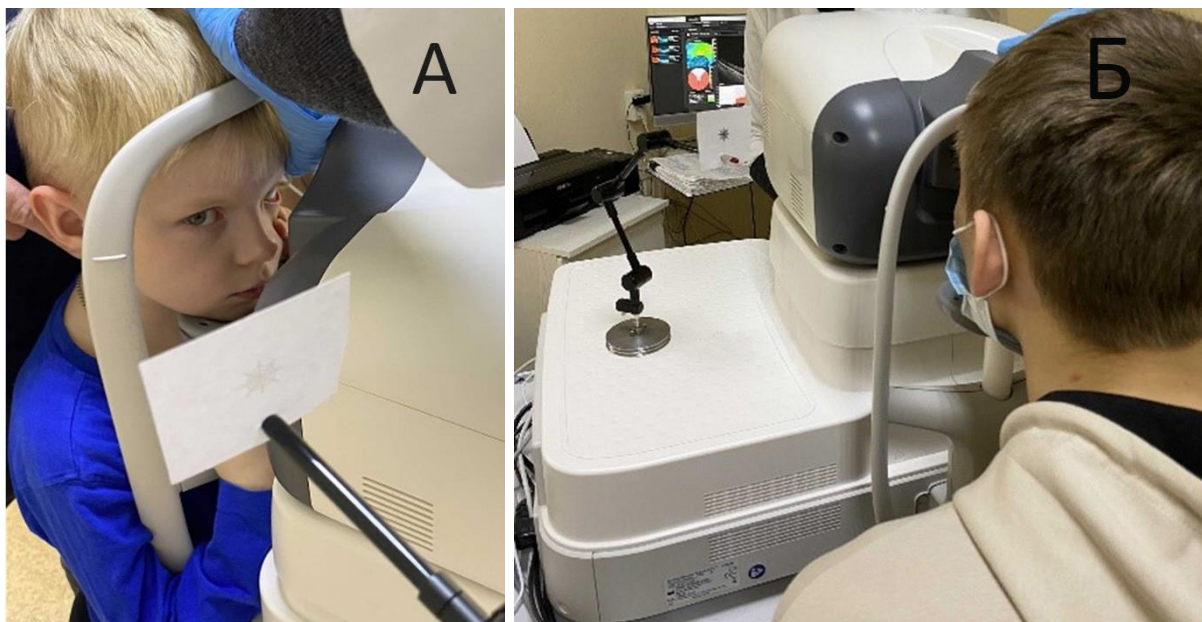


Рисунок 14 А, Б – фиксация взгляда на мишени при измерении цилиарной мышцы при помощи ОКТ

Измерение проводилось в режиме угла передней камеры, который позволял анализировать всю окружность угла передней камеры на 360

градусов, визуализировать склеральную шпору, цилиарную мышцу и цилиарное тело, корень радужки, хориоидею (Рисунок 15).

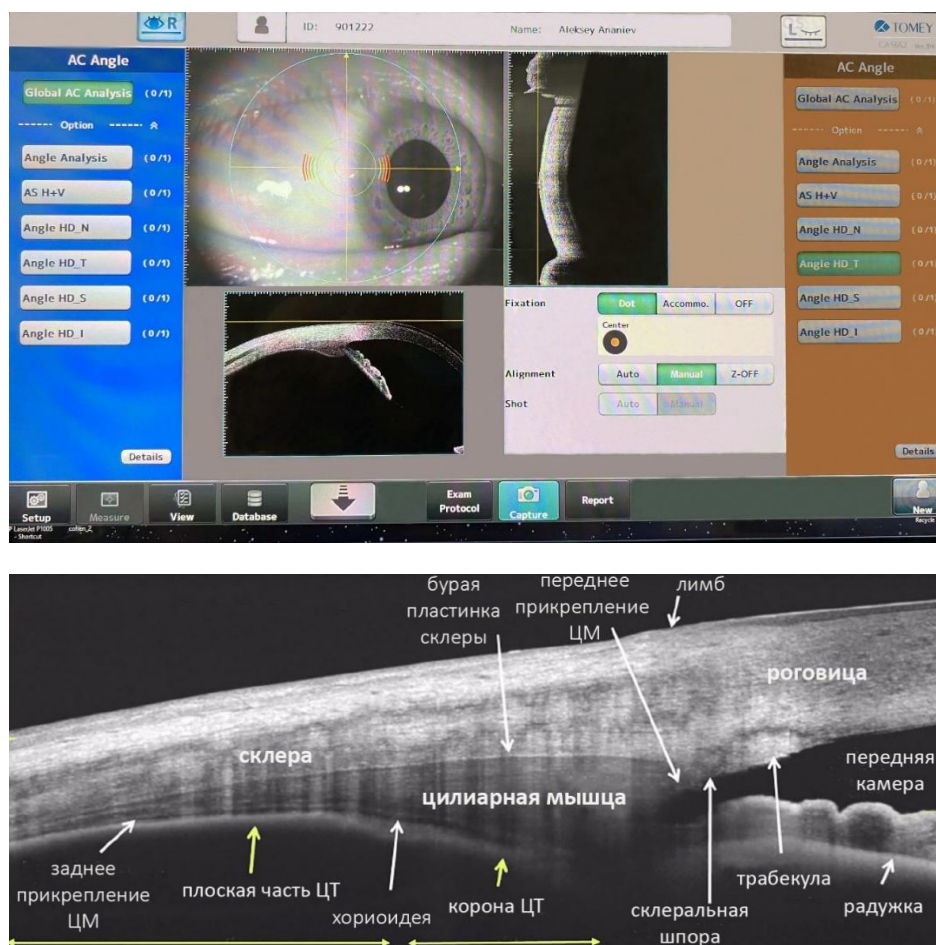


Рисунок 15 – ОКТ-картина угла передней камеры:

А – в режиме AC-Angle; Б – схематичное отражение анатомических параметров

Каждое измерение проводилось трехкратно в режиме ручного измерения. Анализ толщины цилиарной мышцы (Ciliary Muscle Thickness (CMT)) проводился на четырех различных уровнях по отношению к склеральной шпоре: CMT_{max} – максимальная толщина цилиарной мышцы, а также на расстоянии 1, 2 и 3 мм от склеральной шпоры (CMT_1 , CMT_2 и CMT_3) (Рисунок 16). Измерения проводились вручную. На способ исследования аккомодации при помощи ОКТ у пациентов с анизометропией и амблиопией получен патент РФ на изобретение № 2788865 приоритет 25 января 2023 года.

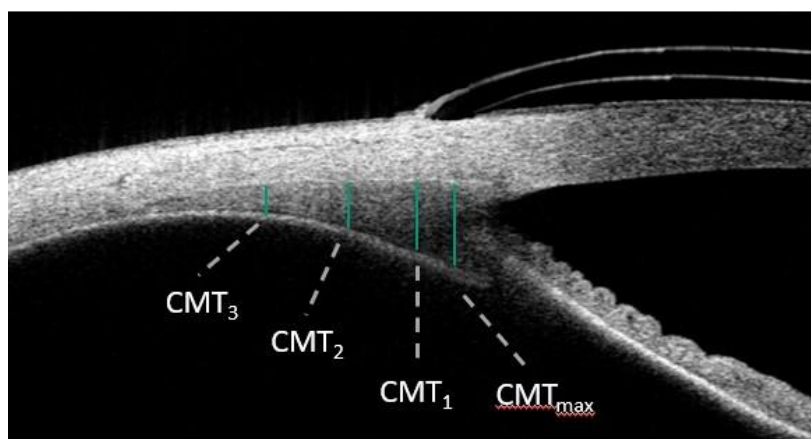


Рисунок 16 – Исследование височной стороны цилиарной мышцы на оптическом когерентном томографе CASIA 2

4.2.2 Анализ результатов амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК и с различными вариантами оптической коррекции в сочетании с оптико-функциональным лечением

Вследствие отсутствия нормы данного показателя была проведена диагностика амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы (ΔCMT) у 100 детей с эметропией в возрасте 7–11 лет. Полученные результаты представлены в Таблице 12.

Таблица 12 – Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы (ΔCMT) у эметропов ($n = 100$), Me (P25; P75)

МКМ	$\Delta\text{CMT}_{\text{max}}$	ΔCMT_1	ΔCMT_2	ΔCMT_3
	34 (30–37)	33 (30–35)	17 (14–19)	16 (12–17)

При анализе разницы толщины цилиарной мышцы при включенной и выключенной аккомодации (ΔCMT) у детей в группах сравнения наблюдалось ее отставание по сравнению с детьми с эметропией. Проводимое оптико-функциональное лечение способствовало приближению данных показателей к

показателям детей с эметропией. Через 6 месяцев на уровне передних отделов ($СМТ_{max}$ и $СМТ_1$) изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы были сопоставимы в 1-й и 3-й подгруппах, однако наибольшие результаты были достигнуты в 1-й подгруппе. Через 6 месяцев $\Delta СМТ_{max}$ в 1-й подгруппе повысился на 7 микрон (мкм) и составил 21 (18–27) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), в 3-й подгруппе – на 4 мкм и составил 20 (13–24) мкм ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-3} = 0,345$), наименьшее изменение $\Delta СМТ_{max}$ было у детей 2-й подгруппы – на 2 мкм, данный показатель был равен 18 (16–22) мкм ($p_{Fr} < 0,05$) ($p_{1-2} = 0,018$). Среди значений $\Delta СМТ_1$ через 6 месяцев наблюдения наибольшее повышение регистрировалось в 1-й подгруппе – на 4,5 мкм, составив 19,5 (17–20) мкм ($p_{Fr} < 0,01$), в остальных группах данный показатель повысился на 2 мкм и был равен 18 (15–21) мкм во 2-й подгруппе и 19 (15–21,5) мкм в 3-й подгруппе ($p_{Fr} < 0,05$ в обеих группах) ($p_{1-2-3k-w} = 0,530$ $p_{1-2} = 0,268$, $p_{1-3} = 0,772$). В задних отделах ($СМТ_2$ и $СМТ_3$) изменения в 1-й и 2-й подгруппах были выше по сравнению с 3-й подгруппой. Наибольшее повышение $\Delta СМТ_2$ через 6 месяцев было во 2-й подгруппе – на 1,5 мкм и в 1-й подгруппе – на 1 мкм, и она была равна 10,5 (7–15) мкм и 11 (7–15) мкм соответственно ($p_{Fr} < 0,05$ в обеих группах), в 3-й подгруппе данные оставались неизменными – 9 (7–12) мкм ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-2-3k-w} = 0,117$ $p_{1-2} = 0,806$, $p_{1-3} = 0,117$). $\Delta СМТ_3$ через 6 месяцев оставались близки к исходным данным во всех группах наблюдения ($p_{Fr} > 0,05$). Через 2 года повышение $\Delta СМТ$ на уровне передних отделов ($СМТ_{max}$ и $СМТ_1$) в 1-й и 3-й подгруппах также сохранялось приближенным. В 1-й подгруппе $\Delta СМТ_{max}$ повысилась на 9 ($p_{Fr} < 0,001$) мкм, в 3-й подгруппе – на 8 ($p_{Fr} < 0,001$) мкм и составила 24 мкм в обеих подгруппах. Наибольшее повышение $\Delta СМТ_1$ было в 1-й подгруппе – на 9, составив 24 (20–29) мкм ($p_{Fr} < 0,001$). В задних отделах ($СМТ_2$ и $СМТ_3$) через 2 года лечения $\Delta СМТ_2$ в 1-й и 2-й подгруппах повысилась на 5 мкм ($p_{Fr} < 0,001$), в 3-й подгруппе – на 2 мкм ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2} = 0,085$, $p_{1-3} < 0,001$). Похожие изменения наблюдались на уровне $СМТ_3$. В 1-й и 2-й подгруппах $\Delta СМТ_3$ повысилась на 2,5 и 2 мкм ($p_{Fr} < 0,01$) соответственно, в 3-й подгруппе через 2 года оставалась на уровне

значений до начала лечения ($p_{1-2} = 0,156$, $p_{1-3} < 0,010$). Результаты динамических изменений амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы в течение всего наблюдаемого периода представлены в Таблице 13.

Таблица 13 – Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы ($\Delta\text{СМТ}$) амблиопичного глаза у детей с анизометропией (n = 102), Me (P25; P75)

МКМ	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
$\Delta\text{СМТ}_{\text{max}}$					
1-я подгруппа (n=36)	15 (13–20)	21 (18–27)***	23,5 (20–28)***	24 (22–29)***	24 (22–29)***
2-я подгруппа (n=34)	16 (12,5–20)	18 (16–22)*	20 (19–24)**	20 (19–25)**	23 (20–27)***
3-я подгруппа (n=32)	16 (12–19)	20 (13–24)**	21 (15–24)**	22 (20–26)***	24 (22–28)***
p1-2-3k-w	0,626	0,049	0,227	0,106	0,153
p1-2	0,364	0,018	0,395	0,058	0,043
p1-3	0,530	0,345	0,099	0,084	0,482
$\Delta\text{СМТ}_1$					
1-я подгруппа (n=36)	15 (12–19)	19,5 (17–20)**	23 (19–25)***	23,5 (20–29)***	24 (20–29)***
2-я подгруппа (n=34)	16 (13,5–21)	18 (15–21)*	20 (18,5–23)**	20,5 (18–24)**	22 (19–23)***
3-я подгруппа (n=32)	17 (13–20)	19 (15–21,5)*	20 (18–24)**	22 (19–23)**	24 (20–27)***
p1-2-3k-w	0,175	0,530	0,110	0,007	0,008
p1-2	0,078	0,268	0,034	0,005	0,003
p1-3	0,195	0,772	0,164	0,010	0,076
$\Delta\text{СМТ}_2$					
1-я подгруппа (n=36)	10 (7–11)	11 (7–15)*	13 (10–17)**	13,5 (12–16)**	15 (13–16)***
2-я подгруппа (n=34)	9 (6–12)	10,5 (7–15)*	12 (9,5–16)**	12,5 (9,5–16)**	14 (10–16)***
3-я подгруппа (n=32)	9 (6–11)	9 (7–12)	9,5 (7 – 12)	10,5 (9–13)*	11 (9–12)**
p1-2-3k-w	0,182	0,117	<0,001	<0,001	<0,001
p1-2	0,249	0,806	0,435	0,185	0,085
p1-3	0,490	0,117	0,004	0,002	<0,001

Продолжение таблицы 13

МКМ	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Δ СМТ ₃					
1-я подгруппа (n=36)	10 (6–11)	10,5 (9–13)	12 (9–15)*	13 (10–16)**	13 (10–16)**
2-я подгруппа (n=34)	9,5 (7–14)	9,5 (7,5–14)	11 (9–16)*	12 (10–15)**	12 (10–15)**
3-я подгруппа (n=32)	11 (9–13)	11 (9–13)	11 (9–13)	11 (9–13)	11 (9–13)
p _{1-2-3k-w}	0,091	0,093	0,021	0,031	0,035
p ₁₋₂	0,683	0,142	0,251	0,303	0,156
p ₁₋₃	0,082	0,133	0,037	0,017	0,010

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

4.2.3 Анализ результатов толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка у детей с гиперметропией, анизометропией, амблиопией и у детей с эметропией

В данной части главы изучались сравнительные данные толщины цилиарной мышцы у детей с анизометропической амблиопией при гиперметропии средней и высокой степени и у детей с эметропией.

Вследствие отсутствия утвержденной нормы ОКТ исследования толщины цилиарной мышцы у детей был выполнен ее анализ у 100 детей с эметропией. Результаты исследования представлены в Таблице 14.

При исследовании височной части цилиарной мышцы на четырех уровнях у детей с анизометропической амблиопией при гиперметропии средней и высокой степени до и после циклоплегии было установлено, что у детей с гиперметропией регистрировалось повышение толщины цилиарной мышцы на всех четырех расстояниях по сравнению с детьми с эметропией. При этом при гиперметропии высокой степени толщина цилиарной мышцы была больше по сравнению с гиперметропией средней степени. На уровне $СМТ_{max}$ и $СМТ_1$ при гиперметропии высокой степени цилиарная мышца была выше по сравнению с показателями детей с эметропией – на 80 и 91 мкм, при гиперметропии средней степени – на 55 и 57 мкм соответственно. На уровне $СМТ_2$ и $СМТ_3$ цилиарная мышца была толще при гиперметропии высокой степени на 28 и 43 мкм, при гиперметропии средней степени – на 6 и 29 мкм соответственно.

Таблица 14 – Средние величины височной части толщины цилиарной мышцы амблиопичного глаза у детей с анизометропической амблиопией при гиперметропии средней степени ($n = 37$), гиперметропии высокой степени ($n = 65$) и у детей с эмметропией ($n = 100$), Me (P25; P75)

Показатель, мкм	СМТ _{max}	СМТ ₁	СМТ ₂	СМТ ₃
Гиперметропия высокой степени	736 (717–742)	695 (663–712)	433 (424–457)	192 (181–195)
Гиперметропия средней степени	711 (694–730)	661 (641–690)	411 (400–433)	178 (166–181)
Эмметропия	656 (645–668)	604 (597–623)	405 (396–428)	149 (130–162)
p1-2-3k-w	<0,001	<0,001	0,029	0,011
p1-3	<0,001	<0,001	0,034	0,013
p2-3	<0,001	<0,001	0,256	<0,001

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

На уровне передних отделов цилиарной мышцы (СМТ_{max} и СМТ₁) была установлена прямая корреляционная связь заметной тесноты по шкале Чеддока ($r_s = 0,66$ и $r_s = 0,61$) (Рисунок 17).

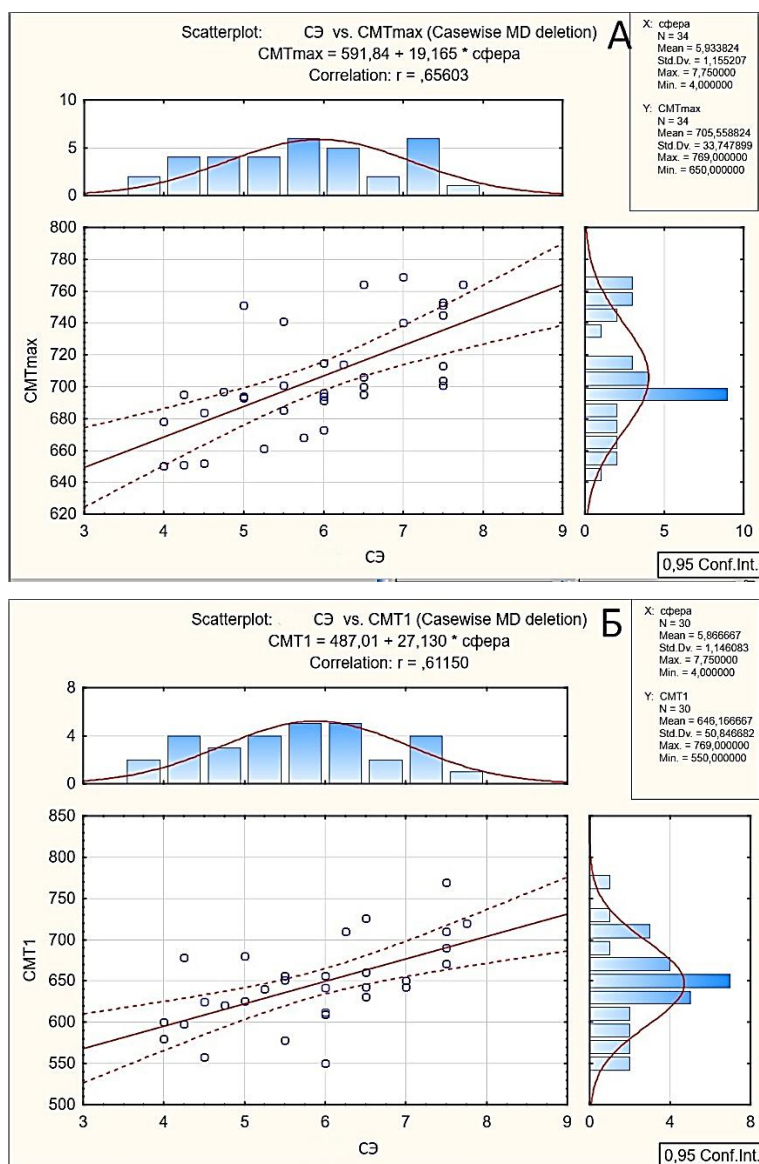


Рисунок 17 – Графики корреляционной зависимости по Спирмену:

А – СЭ и CMT_{max} ; Б – СЭ и CMT_1

Таким образом, была разработана методика непосредственной визуализации изменений цилиарной мышцы в процессе аккомодации, которая позволяет оценить эффективность проводимого лечения за счет анализа ее колебания. У детей после ФемтоЛАЗИК на уровне передних отделов (CMT_{max} и CMT_1) наибольший прирост амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы был через 6 месяцев после операции с последующим незначительным повышением показателя, в остальных группах прирост был постепенным, что свидетельствовало о более раннем восстановлении колебания цилиарной мышцы у детей после ФемтоЛАЗИК. Ко 2-му году наблюдения выполнение

ФемтоЛАЗИК с применением оптико-функционального лечения приводит к равномерному увеличению силы сокращения цилиарной мышцы на четырех уровнях, в отличие от очковой и контактной коррекции, где регистрировались неравномерные изменения колебания, что, вероятно, связано с постоянным снижением степени рефракции. На уровне передних отделов ($СМТ_{max}$ и $СМТ_1$) изменения колебания цилиарной мышцы были близки у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией, на уровне задних отделов ($СМТ_2$ и $СМТ_3$) – у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией. Длительное хроническое напряжение аккомодации в амблиопичном глазу с гиперметропией приводит к гипертрофии цилиарной мышцы и коррелирует со степенью рефракции.

Разработка методов диагностики показателей аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля и ОКТ позволяет диагностировать аккомодационные нарушения у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией и регистрировать их динамические изменения на фоне проводимого лечения. Снижение рефракционного компонента после ФемтоЛАЗИК способствует приближению показателей аккомодации к данным детей с эметропией и тем самым снижению анизоаккомодации в более ранние сроки лечения.

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ АККОМОДАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ПАРНОГО ВЕДУЩЕГО ГЛАЗА У ДЕТЕЙ С АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗИК И С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ

Целью данной главы явилось исследование изменений функции аккомодации ведущего глаза в трех подгруппах сравнения у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией при различных вариантах оптической коррекции.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие проблемы:

- оценить аккомодограммы парного глаза в динамике;
- провести анализ изменений состояния ОАО и объективных ЗОА между группами;
- определить динамические изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы между подгруппами.

По данным компьютерного аккомодографа в парном ведущем глазу ход кривой аккомодограммы был сохранен, однако в 82,3% случаев (84 ребенка) преобладала красно-желтая палитра, что соответствовало картине ПИНА (Рисунок 18). К концу периода наблюдения данная цветовая гамма переходила в желто-зеленую (Рисунок 19), что свидетельствовало о снижении симптомов ПИНА в парном глазу, вероятно, вследствие перераспределения рефракционной нагрузки.

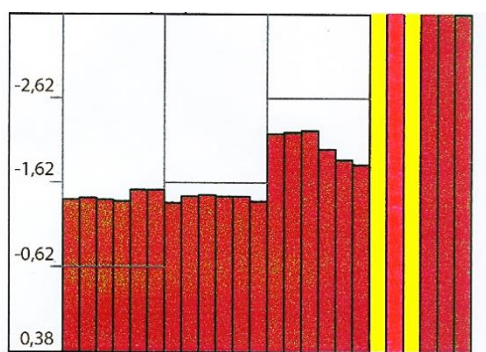


Рисунок 18 – Аккомодограмма ведущего глаза до лечения

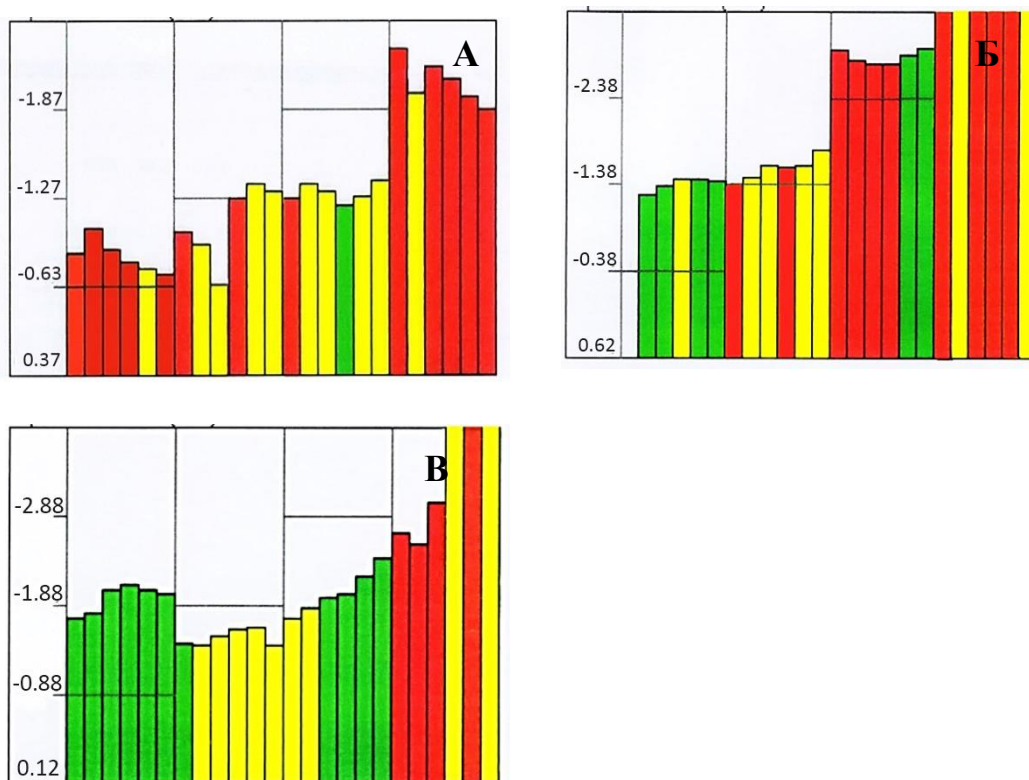


Рисунок 19 – Аккомодограммы ведущего глаза после лечения:

А – через 1 месяц; Б – через 1 год; В – через 2 года

В парном ведущем глазу показатели КАО и КУС во всех группах были в пределах нормы. В 1-й подгруппе за 2 года наблюдения было отмечено статистически значимое повышение КАО с 0,35 (0,26–0,41) до 0,40 (0,32–0,44) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,05$), однако данные показатели оставались в пределах нормы. В остальных подгруппах КАО оставался близок к первоначальным данным и через 2 года составил во 2-й подгруппе 0,38 (0,30–0,40), в 3-й подгруппе – 0,40 (0,33 – 0,45) усл. ед. ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-2-3\ k-w} = 0,214$).

Несмотря на то, что коэффициент КУС во всех группах был в пределах нормы, через 2 года наблюдения разница значений между 1-й и 3-й подгруппами была статистически значимой ($p_{1-3} = 0,006$) за счет снижения данного показателя в 1-й подгруппе с 0,27 (0,19–0,32) до 0,24 (0,19–0,25) усл. ед. ($p_{Fr} > 0,05$), показатели в 3-й подгруппе оставались на верхней границе нормы и составляли 0,27 (0,22–0,32) усл. ед.

Показатель КР во всех группах был снижен, к концу периода наблюдения наиболее высокое повышение данного показателя было в 1-й и 2-й подгруппах, где он повысился на 0,07 и 0,06 усл. ед. соответственно и составил 0,58 (0,50–0,63) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,01$) в 1-й подгруппе и 0,55 (0,48–0,61) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,05$) во 2-й подгруппе.

В парном ведущем глазу ПИНА встречалась в 87,25% случаев (87 детей). Среднее значение коэффициента КМФ во всех группах до начала лечения было более 63 мкф/мин. Через 6 месяцев в 1-й подгруппе КМФ аналогично данным амблиопичного глаза повысился на 0,65 мкф/мин и составил 64,56 (60,75–67,65) мкф/мин ($p_{Fr} > 0,05$). В остальных группах КМФ к 6-му месяцу снижался: во 2-й подгруппе – на 0,73 мкф/мин и составил 64,05 (61,54–67,90) мкф/мин, в 3-й подгруппе – на 0,31 мкф/мин и составил 62,95 (59,64–65,47) мкф/мин ($p_{Fr} > 0,05$). В течение последующего периода КМФ снижался во всех подгруппах, встречаемость ПИНА была снижена до 54,90% (56 детей). Через 2 года КМФ 1-й подгруппы, составивший 59,75 (58,67–61,47) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$), был ближе остальных подгрупп ($p_{1-2-3 k-w} = 0,024$) к референсным значениям. Результаты представлены в Таблице 15.

Таблица 15 – Динамика изменений коэффициентов аккомодограммы ведущего глаза по данным аккомодографа в группах (n = 102), Me (P25; P75)

Коэффициент	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Референсные значения	0,25–0,65				
КАО, усл. ед.					
1-я подгруппа (n=36)	0,35 (0,26–0,41)	0,35 (0,28–0,39)	0,36 (0,33–0,41)	0,39 (0,32–0,43)	0,40 (0,32–0,44)*
2-я подгруппа (n=34)	0,37 (0,34–0,39)	0,36 (0,30–0,42)	0,39 (0,32–0,44)	0,39 (0,32–0,44)	0,38 (0,30–0,40)
3-я группа (n=32)	0,38 (0,34–0,42)	0,39 (0,35–0,42)	0,39 (0,35–0,45)	0,40 (0,34–0,45)	0,40 (0,33–0,45)
p1-2-3 k-w	0,094	0,117	0,562	0,302	0,214
Референсные значения	0,00-0,30				
КУС, усл. ед.					
1-я подгруппа (n=36)	0,27 (0,19–0,32)	0,25 (0,20–0,31)	0,25 (0,20–0,30)	0,24 (0,20–0,25)	0,24 (0,19–0,25)
2-я подгруппа (n=34)	0,28 (0,21–0,34)	0,28 (0,22–0,33)	0,26 (0,25–0,29)	0,26 (0,26–0,28)	0,25 (0,21–0,28)
3-я подгруппа (n=32)	0,27 (0,24–0,31)	0,29 (0,26–0,34)	0,27 (0,25–0,34)	0,27 (0,25–0,31)	0,27 (0,22–0,32)
p1-2-3 k-w	0,839	0,026	0,124	0,015	0,004
p1-2	0,556	0,153	0,334	0,192	0,143
p1-3	0,737	0,081	0,109	0,021	0,006
Референсные значения	0,60–0,90				
КР, усл. ед.					
1-я подгруппа (n=36)	0,51 (0,48–0,56)	0,56 (0,51–0,58)	0,54 (0,50–0,58)	0,56 (0,51–0,57)	0,58 (0,51–0,62)**
2-я подгруппа (n=34)	0,49 (0,47–0,55)	0,52 (0,44–0,57)	0,52 (0,47–0,58)	0,55 (0,48–0,59)	0,55 (0,48–0,61)*
3-я подгруппа (n=32)	0,53 (0,48–0,57)	0,54 (0,49–0,58)	0,53 (0,49–0,57)	0,54 (0,49–0,57)	0,57 (0,51–0,58)
p1-2-3 k-w	0,241	0,144	0,918	0,625	0,327

Продолжение таблицы 15

Коэффициент	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Референсные значения	до 57				
КМФ, мкф/мин					
1-я подгруппа (n=36)	63,91 (60,01–67,80)	64,56 (60,75–67,65)	61,44 (59,81 – 65,14)***	60,25 (58,67–62,87)***	59,75 (58,67–61,47)***
2-я подгруппа (n=34)	64,78 (61,39–68,18)	64,05 (61,54–67,90)*	63,85 (60,13–67,56)*	63,13 (60,13–65,77)**	63,50 (60,13–65,86)***
3-я подгруппа (n=32)	63,26 (59,64–67,81)	62,95 (59,64–65,47)	62,77 (59,36–65,31)*	62,46 (59,36–65,20)**	61,23 (58,23–63,25)***
p _{1-2-3 k-w}	0,671	0,318	0,329	0,033	0,024
p ₁₋₂	0,576	0,442	0,156	0,001	<0,001
p ₁₋₃	0,652	0,123	0,495	0,043	0,031

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

По данным авторефрактометра открытого поля ОАО в парном ведущем глазу, несмотря на эмметропичную рефракцию, во всех группах был снижен по сравнению с показателями детей с эмметропией. Данные изменения могут быть связаны с наличием общих структур вегетативной иннервации, неравномерного рефракционного статуса между глазами и наличием амблиопии в парном глазу. Через 6 месяцев наибольшее повышение данного показателя было в 1-й подгруппе – на 0,2 дптр, он достиг -2,20 (-1,75 – -2,50) дптр ($p_{Fr} > 0,05$), и во 2-й подгруппе – на 0,13 дптр, однако он сохранял более низкие значения – -1,88 (-1,50 – -2,00) дптр ($p_{Fr} > 0,05$); в 3-й подгруппе ОАО, наоборот, был незначительно снижен. Данные изменения также свидетельствовали о более быстрой реабилитации аккомодационных нарушений у детей после ФемтоЛАЗИК в первые 6 месяцев наблюдения. Через 2 года значения ОАО в 1-й и 3-й подгруппах были равнозначны – -2,50 (-2,00 – -2,75) дптр ($p_{Fr} < 0,01$), что показывало высокую эффективность РЛО и контактной коррекции в более отдаленные сроки наблюдения в отличие от очковой коррекции ($p_{1-2} = 0,022$; $p_{1-3} = 0,734$). Результаты представлены в Таблице 16.

Таблица 16 – Динамика ОАО ведущего глаза у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n = 102) и с эмметропией (n = 100), Ме (P25; P75)

ОАО, дптр	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа (n=36)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-2,20 (-1,75 – -2,50)	-2,37** (-2,00 – -2,75)	-2,50** (-2,00 – -2,75)	-2,50** (-2,00 – -2,75)
2-я подгруппа (n=34)	-1,75 (-1,50 – -2,00)	-1,88 (-1,50 – -2,00)	-1,89 (-1,60 – -2,00)	-2,00* (-1,75 – -2,12)	-2,00* (-1,75 – -2,50)
3-я подгруппа (n=32)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-1,95 (-1,50 – -2,50)	-2,14 (-1,50 – -2,75)	-2,50** (-2,00 – -3,00)	-2,50** (-2,00 – -2,75)
$p_{1-2-3 \text{ k-w}}$	0,658	0,027	0,003	0,002	0,041
p_{1-2}	0,527	0,035	<0,001	0,005	0,022
p_{1-3}	0,762	0,116	0,151	0,547	0,734
Эмметропия (n=100)	-2,68 (-2,55 – -2,75)				

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

Изменения объективных ЗОА в группах были аналогичны изменениям ОАО в группах сравнения. До начала лечения объективные ЗОА были снижены во всех группах. Через 6 месяцев данный показатель во 2-й и 3-й подгруппах сохранялся на уровне данных до начала лечения и составил -2,00 (-1,50 – -2,50) ($p_{Fr} > 0,05$) в обеих подгруппах. В 1-й подгруппе объективные ЗОА повысились на 0,5 дптр и были равны -2,50 (-2,00 – -2,50) дптр ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2-3 \text{ k-w}} = 0,008$). Через 2 года методики выполнения ФемтоЛАЗИК и контактной коррекции с последующим оптико-функциональным консервативным лечением позволили получить сопоставимые результаты объективных ЗОА ($p_{1-3} = 0,427$). Полученные результаты были соразмерны с ОАО. Объективные ЗОА к концу наблюдаемого периода в 1-й и 3-й подгруппах составили -3,00 (-2,50 – -3,50) дптр ($p_{Fr} < 0,001$) и достигли нижней границы нормы, в отличие от 2-й подгруппы, где они были равны

-2,50 (-2,00 – -2,50) дптр ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2-3\ k-w} = 0,214$, $p_{1-2} < 0,001$). Результаты представлены в Таблице 17.

Таблица 17 – Динамика объективных ЗОА ведущего глаза у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n=102), Ме (P25; P75)

ЗОА, дптр норма – -3,0 – 5,0 дптр	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
1-я подгруппа (n=36)	-2,00 (-1,50 – -2,00)	-2,50** (-2,00 – -2,50)	-2,50** (-2,00 – -2,50)	-2,50** (-2,00 – -3,00)	-3,00*** (-2,50 – -3,50)
2-я подгруппа (n=34)	-2,00 (-1,50 – -2,25)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-2,50 (-1,75 – -2,5)	-2,50** (-2,00 – -2,50)
3-я подгруппа (n=32)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-2,00 (-1,50 – -2,50)	-2,50** (-2,00 – -2,50)	-2,50** (-2,00 – -3,00)	-3,00*** (-2,50 – -3,50)
$p_{1-2-3\ k-w}$	0,267	0,008	0,002	0,002	0,005
p_{1-2}	0,25	0,003	0,001	0,001	<0,001
p_{1-3}	0,63	0,004	0,469	0,743	0,427

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

При исследовании устойчивости ОАО во время 3-минутного чтения с нагрузкой в парном ведущем глазу в отличие от амблиопичного глаза, где, как правило, усиливалась миопическая рефракция ОАО, регистрировалось, наоборот, ее снижение или переход в гиперметропическую рефракцию, что свидетельствовало о дезадаптации аккомодационных функций. Впервые зарегистрированный устойчивый ОАО, при котором разница до и после чтения составляла менее 0,75 дптр, в 1-й подгруппе появился у 9 детей (+25% внутри подгруппы) ($p_{x2} < 0,01$), во 2-й подгруппе – у 4 детей (+11,8% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$), в 3-й подгруппе – у 6 детей (+18,8% внутри подгруппы) ($p_{x2} > 0,05$). Описанные выше результаты представлены в Таблице 18.

Таблица 18 – Встречаемость устойчивого ОАО в ведущем глазу у детей с анизометропией и амблиопией в группах (n = 102), %

ОАО, дптр норма 0 – -0,5 дптр	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Ведущий глаз					
1-я подгруппа (n=36)	11 (30,5%)	17*(47,2%)	17* (47,2%)	18* (50%)	20** (55,5%)
2-я подгруппа (n=34)	11 (32,4%)	12 (35,3%)	12 (35,3%)	14 (41,2%)	15 (44,1%)
3-я подгруппа (n=32)	9 (28,1%)	11 (34,4%)	14 (43,8%)	14 (43,8%)	15 (46,9%)
$P_{1-2-3} \chi^2$	0,932	0,472	0,586	0,747	0,606

Примечание: разница статистически достоверна относительно данных до лечения по методу Мак – Нимара: * – $p < 0,050$, но $> 0,010$; ** – $p < 0,010$, но $> 0,001$; *** – $p < 0,001$.

При исследовании цилиарной мышцы на оптическом когерентном томографе было зафиксировано, что изменения аккомодации парного глаза происходят не только на функциональном уровне, но и на анатомическом. При сравнении парного ведущего глаза с детьми с эмметропией было установлено, что толщина цилиарной мышцы ведущего глаза у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией была выше на всех четырех уровнях. Толщина цилиарной мышцы, также как в амблиопичном глазу, была выше у пациентов с гиперметропией высокой степени (Таблица 19). На уровне передних отделов ($СМТ_{max}$ и $СМТ_1$) цилиарная мышца при гиперметропии высокой степени была толще на 50 и 57 мкм соответственно по сравнению с показателями детей с эмметропией, при гиперметропии средней степени – на 18 и 29 мкм. В задних отделах ($СМТ_2$ и $СМТ_3$) при гиперметропии высокой степени цилиарная мышца была толще на 25 и 31 мкм соответственно, при гиперметропии средней степени – на 3 и 22 мкм.

Таблица 19 – Средние величины височной части толщины цилиарной мышцы парного ведущего глаза у детей с анизометропической амблиопией при гиперметропии средней степени ($n = 37$), гиперметропии высокой степени ($n = 65$) и у детей с эметропией ($n = 100$), Me (P25; P75)

Показатель, мкм	СМТ _{max}	СМТ ₁	СМТ ₂	СМТ ₃
Гиперметропия высокой степени	706 (694–718)	661 (653–680)	430 (421–443)	180 (172–186)
Гиперметропия средней степени	674 (666–697)	633 (630–651)	408 (388–416)	171 (169–180)
Эметропия	656 (645–668)	604 (597–623)	405 (396–428)	149 (130–162)
p1-2-3 k-w	<0,001	<0,001	0,014	0,004
p1-3	<0,001	<0,001	0,012	0,259
p2-3	<0,001	<0,001	0,437	0,026

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

При анализе аккомодационной способности цилиарной мышцы был выполнен анализ ее толщины с включенной и медикаментозно исключенной аккомодацией. Данное исследование также было выполнено среди детей с эметропией для получения нормы амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы, которая описана выше (см. Таблицу 12).

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы, как и остальные показатели аккомодации в парном ведущем глазу, была снижена на всех четырех уровнях. На фоне проводимого оптико-функционального лечения данный показатель повышался во всех группах, изменения были равномерными в течение 2-летнего периода лечения и наблюдения. В передних отделах Δ СМТ_{max} в 1-й и 3-й подгруппах амплитуда колебания повысилась на 5 и 5,5 мкм соответственно и составила 30,5 (25–33) и 30 (26–32) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), во 2-й подгруппе – на 3 мкм и составила 28 (24–31,5) ($p_{Fr} < 0,001$), данные различий между группами были статистически не

значимы ($p_{1-2-3 k-w} = 0,168$). $\Delta\text{СМТ}_1$ в 1-й и 3-й подгруппах повысилась на 4 мкм и достигла 29 (25–31) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) в 1-й подгруппе и 29 (25–30) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) в 3-ей подгруппе, $\Delta\text{СМТ}_1$ во 2-й подгруппе повысилась на 3 мкм, составив 28 (22–30) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-2-3 k-w} = 0,306$). Анализ данных передних отделов цилиарной мышцы во всех подгруппах показал сопоставимые изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы по отношению к показателям у детей с эмметропией, однако изменения в 1-й и 3-й подгруппах были ближе. В задних отделах (СМТ_2 и СМТ_3) изменения внутри подгрупп были менее значимыми. $\Delta\text{СМТ}_2$ в 1-й и 2-й подгруппах повысилась на 2 мкм и составила 17 (13–17) мкм в 1-й подгруппе и 17 (13–18) мкм во 2-й подгруппе ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2} = 0,127$). Аналогичные изменения в данных подгруппах регистрировались на уровне СМТ_3 : показатели повысились на 2 мкм и составили 15 (14–17) мкм ($p_{Fr} < 0,05$) в 1-й подгруппе и 15 (12–16) мкм ($p_{Fr} < 0,05$) во 2-й подгруппе ($p_{1-2} = 0,042$). В 3-й подгруппе амплитуда колебания оставалась без изменений, $\Delta\text{СМТ}_2$ и $\Delta\text{СМТ}_3$ составили 13 (10–15) мкм ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-3} < 0,001$). На уровне задних отделов изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы были сопоставимы в 1-й и 2-й подгруппах в отличие от 3-й подгруппы (Таблица 20).

Таблица 20 – Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы (ΔCMT) ведущего глаза у детей с анизометропией (n = 102), Me (P25; P75)

ΔCMT , мкм	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
$\Delta\text{CMT}_{\text{max}}$					
1-я подгруппа (n=36)	25 (22–30)	27 (23–31)***	28,5 (25–31)***	30 (25 – 32)***	30,5 (25–33)***
2-я подгруппа (n=34)	25 (21–29)	26 (21–30)*	26,5 (21–30)**	27,5 (23 – 30)***	28 (24–31,5)***
3-я подгруппа (n=32)	25 (20–29)	26 (21–30)*	27 (24–30)***	29 (25 – 32)***	30 (26–32)***
p1-2-3 k-w	0,591	0,683	0,146	0,408	0,168
ΔCMT_1					
1-я подгруппа (n=36)	25 (21–27)	25(22–28)	26,5 (24–30)*	27 (25–30)***	29 (25–31)***
2-я подгруппа (n=34)	25 (20–27)	25 (20–28,5)	25 (21–29)	26 (21,5–29)*	28 (22–30)***
3-я подгруппа (n=32)	25 (21–27)	25 (22–28)	26 (23–29)*	27 (24–30)**	29 (25–30)***
p1-2-3 k-w	0,833	0,461	0,286	0,204	0,306
ΔCMT_2					
1-я подгруппа (n=36)	15 (11–17)	16 (12–17)*	16 (12–17)*	17 (12–17)**	17 (13–17)**
2-я подгруппа (n=34)	15 (12–18)	15 (12–18)	15 (12–18)	16 (13–18)*	17 (13–18)**
3-я подгруппа (n=32)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)
p1-2-3 k-w	0,035	0,004	0,002	0,001	<0,001
p1-2	0,342	0,16	0,086	0,045	0,127
p1-3	0,015	0,12	0,003	<0,001	<0,001

Продолжение таблицы 20

Δ СМТ, мкм	Период наблюдения				
	до лечения	через 6 мес.	через 1 г.	через 1,5 г.	через 2 г.
Δ СМТ ₃					
1-я подгруппа (n=36)	14 (13–16)	15 (13–16)	15 (14–16)*	15 (14–16)*	15 (14–17)*
2-я подгруппа (n=34)	14 (11–16)	14 (11–16)	14 (11–16)	15 (12–16)*	15 (12–16)*
3-я подгруппа (n=32)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)	13 (10–15)
p1-2-3 k-w	0,072	0,003	0,006	0,003	0,002
p1-2	0,177	0,010	0,018	0,062	0,402
p1-3	0,058	0,003	0,004	0,002	0,003

Примечание: * – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,050$, но $> 0,010$. ** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,010$, но $> 0,001$. *** – разница статистически достоверна относительно данных до лечения $p_{Fr} < 0,001$.

Таким образом, в парном ведущем глазу до лечения в 82% случаев регистрировалось ПИНА, которое постепенно снижалось на фоне проводимого лечения. Через 2 года наблюдения КМФ у детей после ФемтоЛАЗИК был наиболее приближен к референсным значениям в отличие от показателей детей с очковой и контактной коррекцией. Изменения ОАО и объективных ЗОА были идентичными у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией, впервые сформированный устойчивый ОАО чаще встречался у детей после ФемтоЛАЗИК. Неравномерная зрительная нагрузка при анизометропической амблиопии приводит не только к функциональным изменениям в парном глазу, но и к гипертрофии цилиарной мышцы, но в меньшей степени, чем в амблиопичном глазу. Изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы были идентичны амблиопичному глазу, на уровне передних отделов изменения были одинаковыми у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией, в задних отделах – у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией. Таким образом, по данным настоящего исследования, в группе детей после ФемтоЛАЗИК улучшение аккомодационных показателей как на амблиопичном, так и на парном ведущем глазу получено на всех четырех уровнях измерения.

ГЛАВА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕТЕЙ С АККОМОДАЦИОННЫМИ НАРУШЕНИЯМИ, АНИЗОМЕТРОПИЧЕСКОЙ АМБЛИОПИЕЙ И ГИПЕРМЕТРОПИЕЙ НА ОСНОВЕ КОРРЕКЦИИ РЕФРАКЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ И ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПТИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ЛЕЧЕНИЯ

Целью данной главы стала разработка функциональной реабилитации, направленной на коррекцию рефракционных нарушений и лечение аккомодационных нарушений у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией.

6.1 Разработка алгоритма реабилитации детей с аккомодационными нарушениями, анизометропической амблиопией и гиперметропией на основе коррекции рефракционных нарушений и индивидуального оптико-функционального лечения

В данной части раздела на основе полученных данных был разработан алгоритм ведения и лечения детей с гиперметропической анизометропией и амблиопией высокой и средней степени до и после ФемтоЛАЗИК.

Алгоритм строится на типе аккомодационного нарушения, наличии амблиопии и анализе эффективности проводимого лечения. Согласно разработанному в Чебоксарском филиале «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С. Н. Федорова» методу лечения анизометропической амблиопии с помощью ФемтоЛАЗИК, ребенок должен получить максимально возможно полную очковую или контактную коррекцию и окклюзию лучше видящего глаза. До назначения аппаратного лечения необходимо провести оценку аккомодационных нарушений при помощи аккомодографа,

авторефрактометра «открытого поля» и ОКТ цилиарной мышцы. Проанализированные аккомодационные нарушения в амблиопичном глазу делились на слабость и комбинированные нарушения аккомодации, в парном глазу – ПИНА или отсутствие их нарушений. Аккомодационные нарушения в амблиопичном глазу делились на слабость аккомодации и комбинированный тип нарушения. При слабости аккомодации проводится лазерстимуляция цилиарной мышцы на аппарате «МАКДЭЛ-09», лечение на аппарате «Амблиокор» в режиме «стимуляция», свето- и электростимуляция, направленные на стимуляцию цилиарной мышцы и лечение амблиопии. При комбинированном нарушении аккомодации назначаются аппараты, направленные на снижение напряжения АМФ: «Визотроник» и «Ручеек», и аппараты, воздействующие на центральную зону сетчатки: лазерстимуляция «СПЕКЛ-М» и магнитостимуляция «АМО-АТОС Амблио-1», а также электростимуляция.

В парном глазу аккомодационные изменения делились на ПИНА и их отсутствие. Для лечения ПИНА назначаются только аппараты для снижения напряжения АМФ – «Визотроник», «Ручеек», «Амблиокор» в режиме «расслабление» и магнитостимуляция «АМО-АТОС Каскад», дополнительно назначаются инстиллянии фенилэфрина 2,5%. В случае отсутствия аккомодационных нарушений аппаратное лечение не проводится. Оценка эффективности лечения амблиопии проводится после 2 курсов аппаратного лечения. При повышении МКОЗ на 2 строчки рекомендовано продолжение консервативного лечения. При неэффективности аппаратного лечения, рекомендовано выполнение ФемтоЛАЗИК на худшем амблиопичном глазу для уменьшения степени анизометропии с последующим оптико-функциональным лечением по описанной схеме в течение 3–4 лет (Рисунок 20).

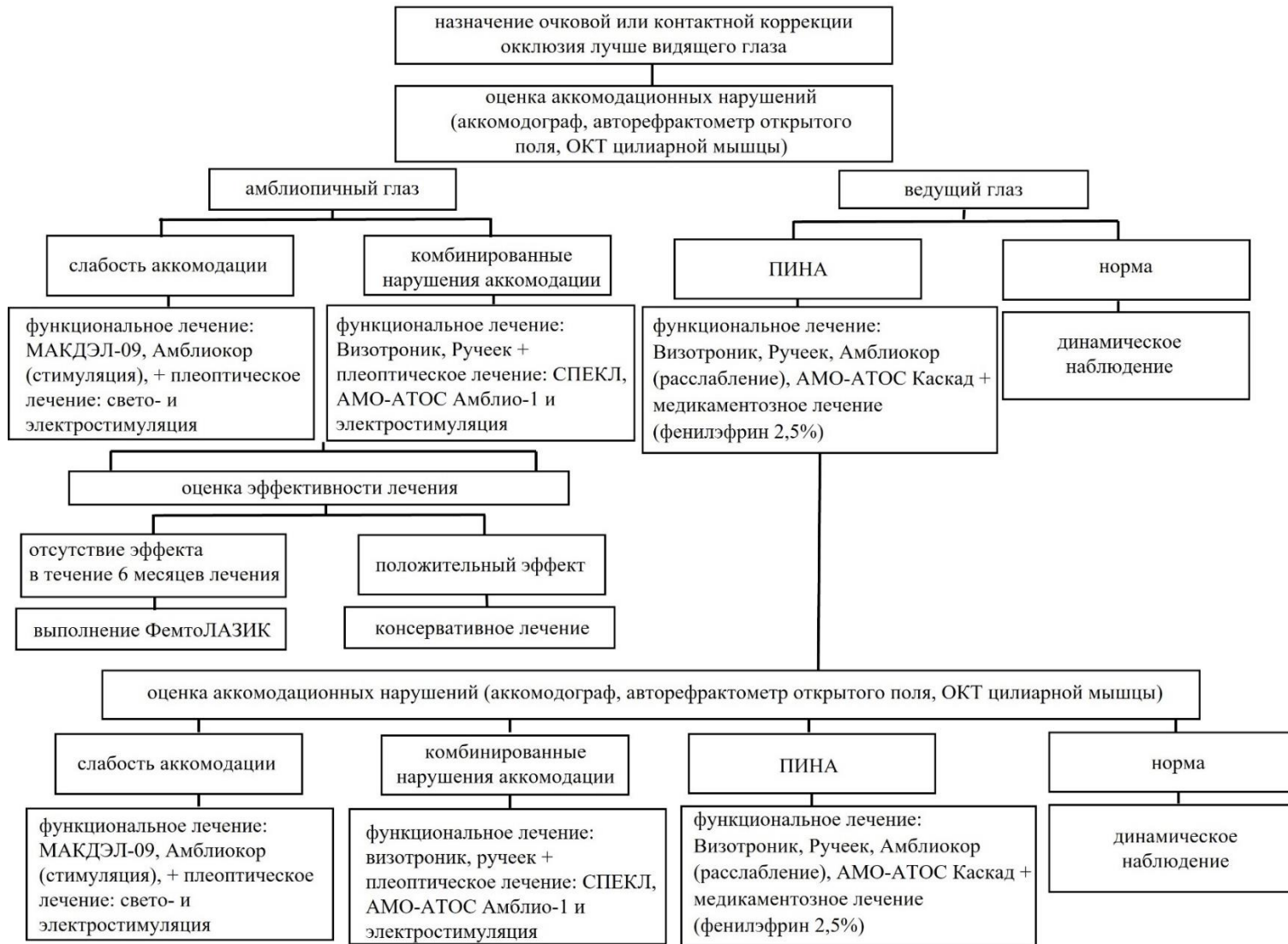


Рисунок 20 – Алгоритм лечения пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией

6.2 Клинические примеры функциональной реабилитации пациентов с аккомодационными нарушениями, анизометропической амблиопией и гиперметропией

В данной части работы представлены клинические случаи лечения детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией после ФемтоЛАЗИК с исходно близким рефракционным статусом, но разными типами нарушения аккомодации. В обеих группах было проведено консервативное комбинированное лечение, включающее плеоптику и индивидуальное лечение аккомодационной функции в зависимости от типа ее нарушений.

Клинический случай 1

Пациент Д., 8 лет, обратился с жалобами на низкое зрение правого глаза без коррекции и с коррекцией. Со слов родителей, низкую остроту зрения правого глаза заметили в 4 года. Были назначены очки офтальмологом по месту жительства, однако в настоящее время пациент очки не носит вследствие их непереносимости. Мягкие контактные линзы носить отказывается из-за наличия страха по поводу их применения. Прошел 6 курсов аппаратного лечения по месту жительства, однако положительной динамики на фоне консервативного лечения не наблюдалось.

При обследовании: НКОЗ правого глаза (OD) на расстоянии 5 м – 0,03; МКОЗ – 0,1; НКОЗ левого глаза (OS) на расстоянии 5 м – 1,0; результаты определения манифестной рефракции: OD sph +6,5D cyl -1,5D ax 10° OS sph +0,25D cyl -0,5D ax 20°. Величина анизометропии составила 6,25 дптр, РОЗ OD – 0,12. Острота зрения на расстоянии 50 см на приборе «ФОРБИС» составила: OD 0,05 н/к, OS 1,0. Внутриглазное давление (ВГД) OD – 12 OS – 12 мм рт. ст. ПЗО OD – 21,82 мм; OS – 23,83 мм. Характер зрения вдаль (цветотест с 5 м) и на расстоянии 50 см («ФОРБИС») был монокулярный. При биомикроскопии передний и задний отрезки обоих глаз были без особенностей.

При анализе аккомодограмм пациента регистрировалась анизометропия. На правом глазу регистрировался низкий аккомодационный ответ в сочетании с низким коэффициентом микрофлюктуаций, что свидетельствовало о слабости аккомодации (Таблица 21, Рисунок 21).

Таблица 21 – Коэффициенты аккомодограммы пациента до лечения

Коэффициент аккомодограммы	OD	Норма	OS
КАО	0,00	0,25-0,65	0,22
КУС	0,09	0,00-0,30	0,22
КР	0,51	0,60-0,90	0,53
КМФ	55,08	< 57	65,58

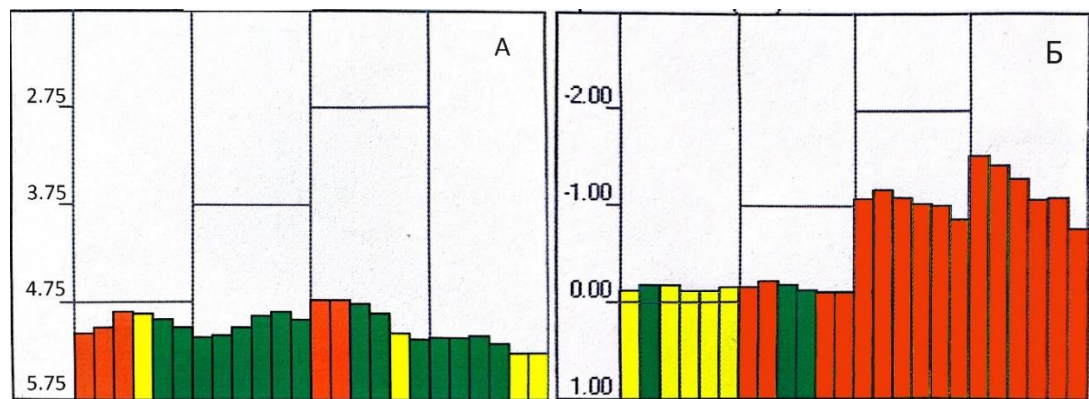


Рисунок 21 – Аккомодограммы пациента до лечения:

А – амблиопичный глаз; Б – парный ведущий глаз

ОАО составил OD = -0,75 дптр, OS = -1,5 дптр, объективные ЗОА: OD = -0,5 дптр, OS = -2,0 дптр. ОАО был неустойчивым.

Толщина цилиарной мышцы на четырех уровнях составила:

OD CMT_{max} – 739 мкм; CMT_1 – 702 мкм; CMT_2 – 428 мкм; CMT_3 – 188 мкм;
 OS CMT_{max} – 709 мкм; CMT_1 – 672 мкм; CMT_2 – 428 мкм; CMT_3 – 179 мкм
 (Рисунок 22). Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы составила
 OD ΔCMT_{max} – 16 мкм, ΔCMT_1 – 14 мкм, ΔCMT_2 – 8 мкм, ΔCMT_3 – 8 мкм, OS ΔCMT_{max} – 22 мкм, ΔCMT_1 – 21 мкм, ΔCMT_2 – 14 мкм, ΔCMT_3 – 12 мкм.

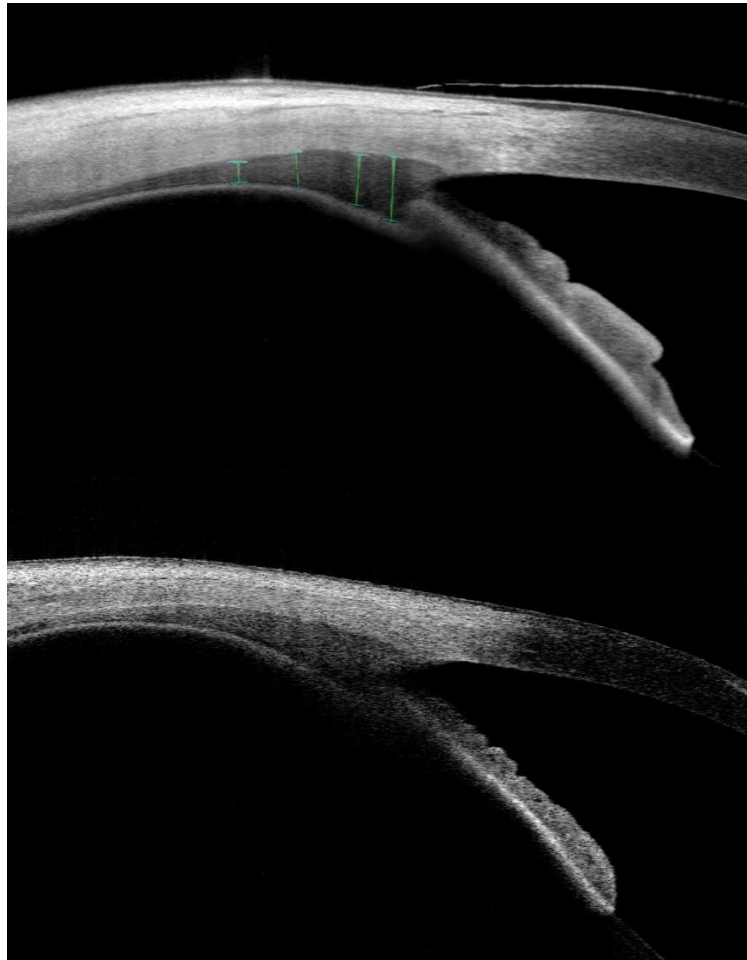


Рисунок 22 – Толщина цилиарной мышцы пациента с включенной и медикаментозно выключенной аккомодацией

По результатам осмотра и диагностических исследований был выставлен диагноз: ОД Гиперметропия высокой степени. Сложный гиперметропический астигматизм. Амблиопия высокой степени. OS Офтальмологически здоров OU Анизометропия.

Было рекомендовано выполнение ФемтоЛАЗИК в связи с отсутствием эффекта от консервативного лечения для уменьшения степени гиперметропии и анизометропии. Родители были предупреждены о том, что РОЗ равна 0,12, стабилизация рефракционных показателей длится не менее 6 месяцев и ребенок будет находиться под наблюдением не менее 3–4 лет; в эти же сроки будет решаться вопрос об очковой коррекции.

Через 6 месяцев пациент прошел курс аппаратного лечения, включающий аппараты «Амблиокор» (стимуляция), «АМО-АТОС Амблио-1»,

«ЭСОМ», «ФОРБИС» для правого глаза и аппаратов «Визотроник» и «Ручеек» для левого глаза. Дополнительно в левый глаз были рекомендованы инстилляции «Фенилэфрина 2,5%» в течение 1 месяца. После проведенного лечения острота зрения на расстоянии 5 м OD 0,1 sph +0,5 cyl -1,0 ax 4 = 0,2 OS 1,0. Рефракция в условиях циклоплегии OD sph +1,0 cyl -0,5D ax 24 OS sph +0,5 cyl -0,5D ax 2. Острота зрения на расстоянии 50 см OD 0,1 sph +2,0D = 0,2 OS 1,0. РОЗ составила OD 0,32.

В аккомодограмме амблиопичного глаза регистрировалось повышение КАО до 0,06 усл. ед., КМФ – до 66,10 мкф/мин. В парном глазу КМФ снизилась до 64,21 мкф/мин (Рисунок 23).

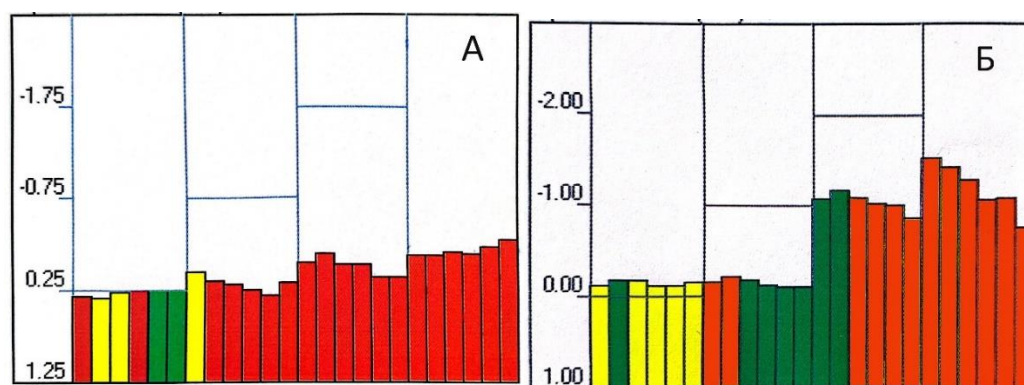


Рисунок 23 – Аккомодограммы пациента через 6 месяцев после операции:

А – амблиопичный глаз; Б – парный ведущий глаз

ОАО OD повысился до -1,0 дптр, OS – до -2,0 дптр. Объективные ЗОА повысились на 0,5 дптр в обоих глазах и составили OD = -1,0 дптр, OS = -2,5 дптр. ОАО сохранялся неустойчивым.

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы в амблиопичном глазу повышалась более значительно в передних отделах: OD Δ CMT_{max} – 19 мкм; Δ CMT₁ – 17 мкм; Δ CMT₂ – 9 мкм; Δ CMT₃ – 9 мкм; в парном глазу данные показатели были равны или близки к исходным: OS Δ CMT_{max} – 22 мкм; Δ CMT₁ – 21 мкм; Δ CMT₂ – 15 мкм; Δ CMT₃ – 13 мкм.

Пациенту было рекомендовано проходить курсы аппаратного лечения 2–3 раза в год.

Через 2 года острота зрения на расстоянии 5 метров 0,2 sph +0,5 cyl -1,0 ax 4 = 0,3 OS 1,0. Рефракция в условиях циклоплегии OD sph +1,5 cyl -1,0D ax 155 OS sph 0,0 cyl -0,5D ax 8. Острота зрения на расстоянии 50 см OD 0,2 н/к OS 1,0. РОЗ оставалась на прежнем уровне OD 0,32. Характер зрения остался монокулярный на расстоянии 5 м и 50 см.

В амблиопичном глазу КАО повысилась до 0,10 усл. ед., КР повысился до 0,18 усл. ед. Повышение данных показателей способствовало появлению нарастающего хода гистограммы. КМФ составила 64,96 мкф/мин. В парном глазу КМФ приблизилась к норме и составила 58,84 мкф/мин, что способствовало переходу гистограммы в желто-зеленую цветовую гамму (Рисунок 24).

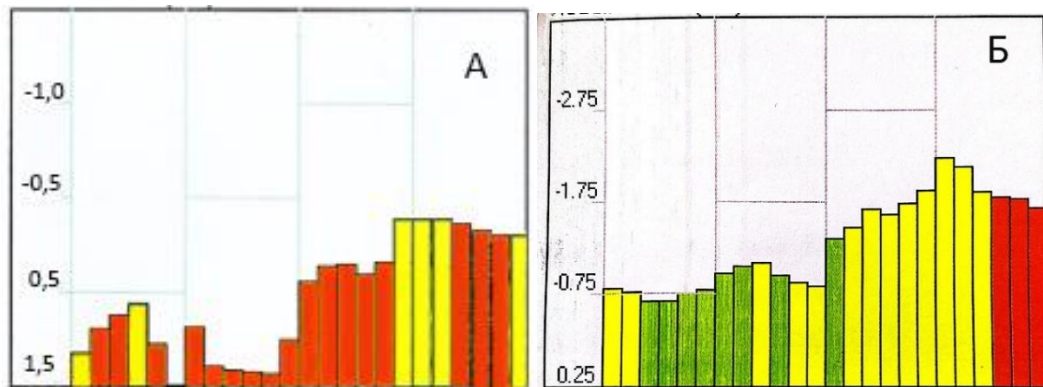


Рисунок 24 – Аккомодограммы пациента через 2 года после операции:

А – амблиопичный глаз; Б – парный ведущий глаз

ОАО OD составил -1,5 дптр, OS – -2,25 дптр. Объективные ЗОА составили OD = -1,5 дптр, OS = -2,5 дптр. ОАО оставался неустойчивым.

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы повысилась в амблиопичном и парном глазу и составила: OD $\Delta\text{CMT}_{\text{max}}$ – 23 мкм; ΔCMT_1 – 22 мкм; ΔCMT_2 – 13 мкм; ΔCMT_3 – 13 мкм; OS $\Delta\text{CMT}_{\text{max}}$ – 27 мкм; ΔCMT_1 – 27 мкм; ΔCMT_2 – 14 мкм; ΔCMT_3 – 14 мкм.

Клинический случай 2

Пациент А, 7 лет, обратился с жалобами на низкую остроту зрения левого глаза. Со слов родителей, низкую остроту зрения левого глаза заметили в 5 лет. Очки носит с 5 лет, постоянно. Очки выписаны по переносимости: OD +3,0, OS +1,0. Выполняют окклюзию правого глаза на 2 часа в день нерегулярно. Прошел 2 курса аппаратного лечения по месту жительства.

При обследовании: НКОЗ на расстоянии 5 м OD = 0,9 OS = 0,05; МКОЗ OD = 1,0, OS = 0,16; результаты авторефрактометрии в условиях циклоплегии: OD sph +0,75D cyl -0,5D ax 180° OS sph +5,75D cyl -2,0D ax 10°. Величина анизометропии составила 5,0 дптр, РОЗ OD – 0,2. Острота зрения на расстоянии 50 см на приборе «ФОРБИС» составила: OD 0,9, OS 0,1 н/к. ВГД OD – 11, OS – 12 мм рт. ст. ПЗО OD – 23,32 мм, OS – 22,01 мм. Характер зрения вдаль (цветотест с 5 м) и на расстоянии 50 см («ФОРБИС») был монокулярный. При биомикроскопии передний и задний отрезки обоих глаз были без особенностей.

При анализе аккомодограмм пациента на правом глазу регистрировалось ПИНА, на левом глазу – комбинированный тип нарушения аккомодации, проявляющийся отсутствием нарастающего хода и преобладанием красной палитры на гистограмме (Таблица 22, Рисунок 25).

Таблица 22 – Коэффициенты аккомодограммы пациента до лечения

Коэффициент аккомодограммы	OD	Норма	OS
КАО	0,31	0,25-0,65	0,03
КУС	0,28	0,00-0,30	0,14
КР	0,53	0,60-0,90	0,58
КМФ	65,18	< 57	64,71

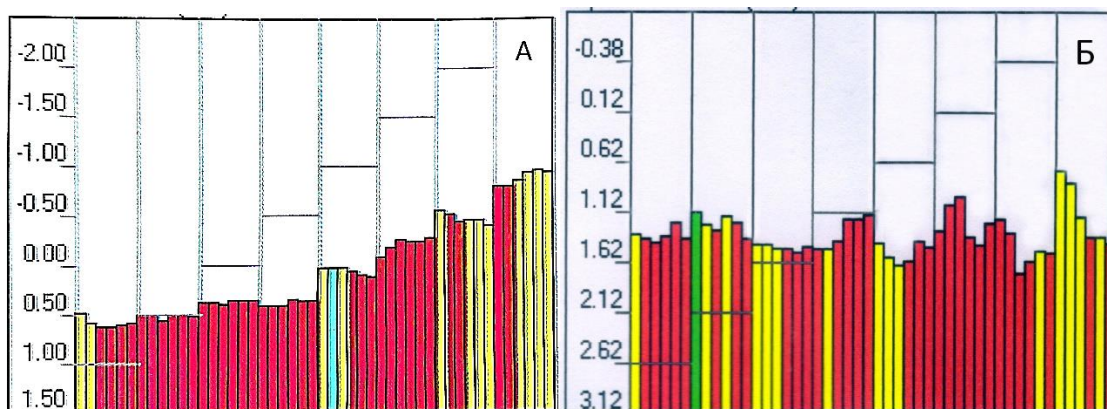


Рисунок 25 – Аккомодограммы пациента до лечения:

А – парный ведущий глаз; Б – амблиопичный глаз

ОАО составил OD = -2,0 дптр, OS = -1,0 дптр, объективные ЗОА: OD = -2,0 дптр, OS = -1,0 дптр. ОАО был неустойчивым.

Толщина цилиарной мышцы на четырех уровнях составила: OD CMT_{max} – 691 мкм; CMT_1 – 657 мкм; CMT_2 – 414 мкм; CMT_3 – 170 мкм; OS CMT_{max} – 728 мкм; CMT_1 – 688 мкм; CMT_2 – 430 мкм; CMT_3 – 188 мкм (Рисунок 26). Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы составила: OD ΔCMT_{max} – 25 мкм; ΔCMT_1 – 25 мкм; ΔCMT_2 – 14 мкм; ΔCMT_3 – 14 мкм; OS ΔCMT_{max} – 18 мкм; ΔCMT_1 – 18 мкм; ΔCMT_2 – 10 мкм; ΔCMT_3 – 10 мкм.

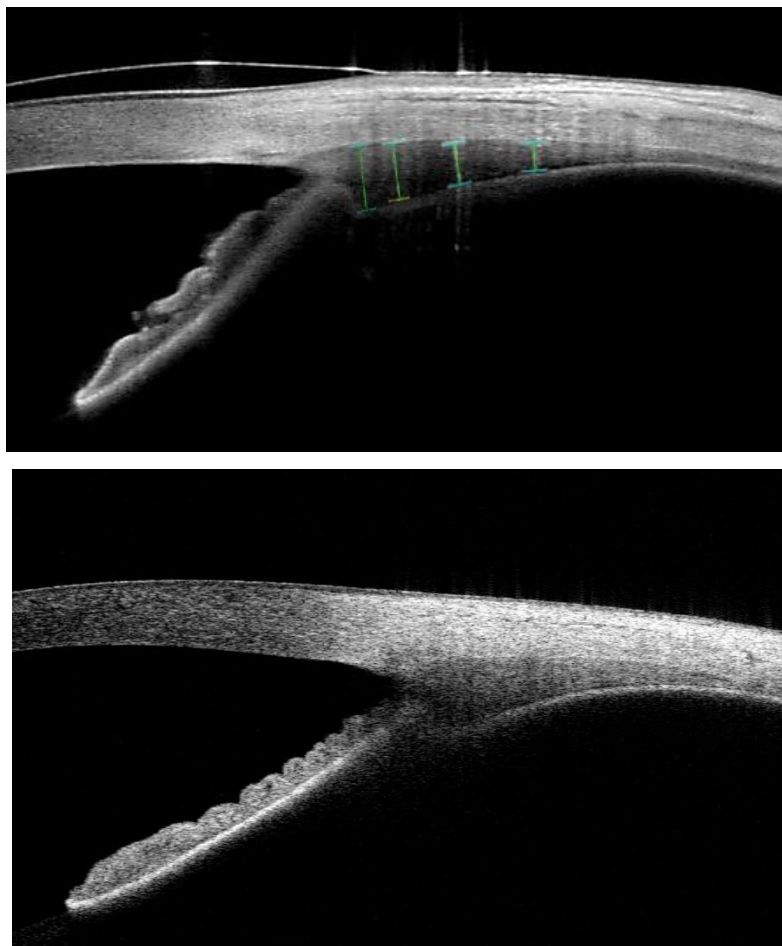


Рисунок 26 – Толщина цилиарной мышцы пациента с включенной и медикаментозно выключенной аккомодацией

По данным проведенного исследования был выставлен диагноз: OS Гиперметропия высокой степени. Сложный гиперметропический астигматизм. Амблиопия высокой степени. OD Офтальмологически здоров OU Анизометропия. Было рекомендовано выполнение ФемтоЛАЗИК. Родители были предупреждены о том, что РОЗ равна 0,32 и стабилизация рефракционных показателей длится не менее 6–8 месяцев.

Через 6 месяцев пациент прошел курс лечения на аппаратах «Ручеек» и «Визотроник» на оба глаза и дополнительно левого глаза на аппаратах «Рубин» и «ЭСОМ», а также инстилляцией фенилэфрина 2,5% в течение 1 месяца в правый глаз. После проведенного лечения острота зрения на расстоянии 5 м OD 1,0, OS 0,2 sph +1,0 cyl -0,5 ax 120 = 0,3. Рефракция в

условиях циклоплегии OD sph +0,75 cyl -0,25D ax 34 OS sph +2,0 cyl -0,75D ax 120. Острота зрения на расстоянии 50 см OD 1,0 OS 0,2 н/к. РОЗ OD составила 0,32.

В аккомодограмме амблиопичного глаза регистрировалось повышение КАО до 0,09 усл. ед., КМФ – до 66,87 мкф/мин. В парном глазу КМФ снизилась до 63,12 мкф/мин (Рисунок 27).

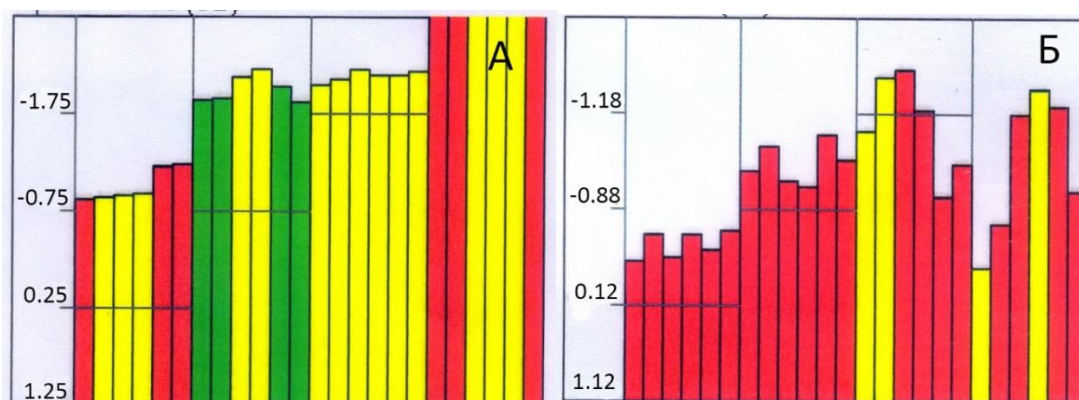


Рисунок 27 – Аккомодограммы пациента до лечения:

А – парный ведущий глаз; Б – амблиопичный глаз

ОАО повысился до -2,25 дптр на правом глазу и до -1,5 дптр на левом глазу, объективные ЗОА составили OD = -2,5 дптр, OS = -1,5 дптр. ОАО был неустойчивым.

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы повысилась во всех отделах и составила: OD Δ СМТ_{max} – 27 мкм; Δ СМТ₁ – 26 мкм; Δ СМТ₂ – 15 мкм; Δ СМТ₃ – 15 мкм; OS Δ СМТ_{max} – 22 мкм; Δ СМТ₁ – 21 мкм; Δ СМТ₂ – 11 мкм; Δ СМТ₃ – 11 мкм.

Пациенту было рекомендовано прохождение курсов аппаратного лечения и подбор очковой коррекции для постоянного ношения.

Через 2 года острота зрения на расстоянии 5 м OD 1,0, OS 0,2 sph +1,0 cyl -0,5 ax 120 = 0,4. Рефракция в условиях циклоплегии OD sph +0,5 cyl -0,25D ax 30 OS sph +1,75D cyl -1,0D ax 126. Острота зрения на расстоянии 50 см

OD 1,0 OS 0,2 sph +1,0 = 0,3. РОЗ повысилась до 0,5. Характер зрения стал бинокулярный.

По данным аккомодограммы отмечалось повышение КАО до 0,15 усл. ед. и КР – до 0,22 усл. ед., КМФ после повышения своих значений в послеоперационном периоде приближался к дооперационным значениям с достижением более низких значений и составил 63,50 мкф/мин, данные изменения способствовали стабилизации аккомодограммы амблиопичного глаза. КМФ составила 64,96 мкф/мин. В парном глазу также отмечалась стабилизация аккомодограммы за счет снижения КМФ до 58,53 мкф/мин (Рисунок 28).

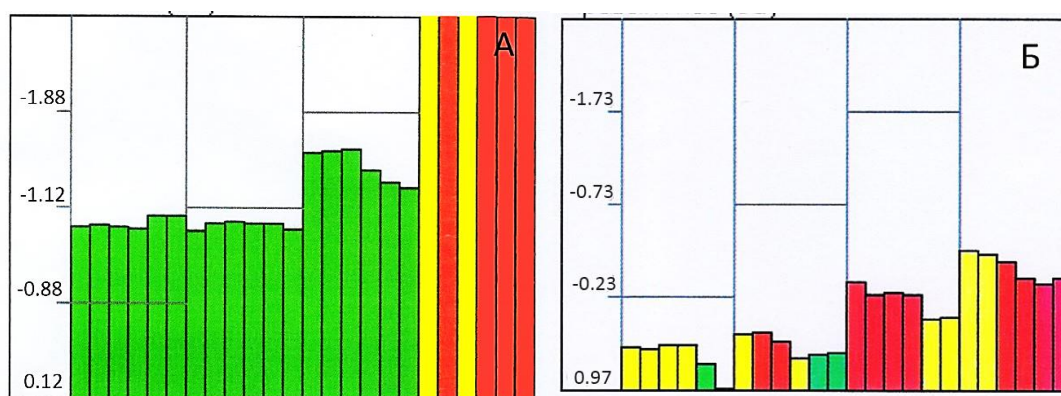


Рисунок 28 – Аккомодограммы пациента до лечения:

А – парный ведущий глаз; Б – амблиопичный глаз

ОАО ведущего глаза достиг показателей детей с эмметропией и составил -2,75 дптр, ОАО амблиопичного глаза повысился до -2,0 дптр на левом глазу. ОАО стал устойчивым. Объективные ЗОА выровнились и составили -2,5 дптр на обоих глазах.

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы была близка к показателям пациентов с эмметропией и составила: OD Δ СМТ_{max} – 33 мкм; Δ СМТ₁ – 31 мкм; Δ СМТ₂ – 15 мкм; Δ СМТ₃ – 15 мкм; OS Δ СМТ_{max} – 29 мкм; Δ СМТ₁ – 29 мкм; Δ СМТ₂ – 14 мкм; Δ СМТ₃ – 14 мкм.

Рассмотренные выше клинические случаи демонстрируют важность обеспечения полной коррекции амблиопичного глаза и проведения

индивидуального оптико-функционального лечения в развитии клинико-функциональных данных. Приведенные клинические случаи подтверждают, что в развитии амблиопии играет роль не только исходный рефракционный статус, но и первоначальная аккомодационная функция.

Таким образом, представленный сравнительный анализ позволил оценить эффективность разработанного алгоритма реабилитации детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, направленного на эффективную коррекцию аномалий рефракции и индивидуальное функциональное лечение амблиопии аккомодационных нарушений. Данный алгоритм позволил повысить эффективность лечения аккомодационных нарушений и ускорить восстановление клинико-функциональных показателей амблиопичного глаза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Охрана здоровья детей является приоритетным направлением здравоохранения Российской Федерации. Врожденные аномалии рефракции остаются одной из серьезных и актуальных проблем здравоохранения и наиболее частой причиной нарушения зрения у детей во всем мире.

Встречаемость анизометропии в сочетании с гиперметропией высока и может достигать 54,8% случаев (Wolffsohn, J. S., 2011), однако анизометропия свыше 1,5 дптр встречается только у 3% пациентов (Гончарова, С. А., 2015; Kasmann-Kellner B., 1998).

У детей с высокой анизометропией и амблиопией при поздней диагностике и отсутствии лечения зачастую развиваются тяжелые стойкие нарушения зрительных функций (Сидоренко Е. И., 2016; Paysse E. A., 2004; Astle W. F., 2002). При анизометропической амблиопии высокой и средней степени и гиперметропии наблюдаются стойкие аккомодационные нарушения в виде слабости аккомодации, так как глаз пытается отвечать на зрительные стимулы, но резервы истощаются, и аккомодация снижается, особенно при гиперметропии высокой степени (Manh V., Chen A. M., Tarczy-Hornoch K. et al., 2015). Таким образом, при анизометропии аккомодация амблиопичного глаза «отстает» от лучше видящего глаза, что приводит к развитию анизоаккомодации (Toor S., 2012). Несмотря на потенциальную важность анизоаккомодации в лечении амблиопии, она остается малоизученной.

Проблемы традиционного лечения аккомодационных нарушений при сложных врождённых нарушениях у детей заключаются в трудности обеспечения полной коррекции вследствие наличия непереносимой анизейконии при очковой коррекции, неудобствах, связанных с ношением контактных линз у детей младшего возраста, а также в низкой информированности родителей в отношении контактной коррекции зрения (Маркова Е. Ю., Перфильева Е. А., 2020; Лещенко И. А., 2016).

В нашей стране и за рубежом активно ведутся исследования по анализу аккомодационных нарушений у детей и взрослых с миопией (Тарутта Е. П., 2016; Страхов В. В., 2019; Мушкова И. А., Маркова Е. Ю., Шамсетдинова Л.Т., 2018; Жукова О. В., 2022). В тоже время аналогичных исследований у детей с анизометропией и гиперметропией значительно меньше (Фабрикантов О. Л., Матросова Ю. В., 2018; Toor S., 2019). Современные методики исследования аккомодации не учитывают наличие амблиопии, их выполнение затруднено при низкой остроте зрения, что может привести к ошибке в выполнении метода диагностики, интерпретации результатов диагностического обследования и тактике лечения. На сегодняшний день отсутствует единообразный подход в диагностике аккомодационных нарушений врожденных сложных аметропий, не выработан алгоритм по ведению и реабилитации данных пациентов, не исследовано влияние различных способов коррекции на изменение аккомодации, не определено влияние рефракционного компонента на цилиарную мышцу и отсутствует возрастная норма ее толщины. Обозначенные проблемы обусловили **цель** нашего исследования, заключающуюся в разработке технологии диагностики и лечения аккомодационных нарушений у детей с гиперметропией, анизометропией и амблиопией после ФемтоЛАЗИК.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие **задачи** исследования:

1. На основании сравнительного анализа клинико-функциональных результатов ФемтоЛАЗИК с результатами оптической коррекции у детей с гиперметропией и анизометропией определить эффективность проводимого лечения.
2. Разработать оптимизированную технологию исследования объективного аккомодационного ответа и запасов относительной аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля и доказать ее эффективность в диагностике у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией.

3. Разработать методику исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка и доказать ее эффективность в диагностике у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией.

4. На основании сравнительного анализа аккомодационных функций оценить влияние ФемтоЛАЗИК и оптической коррекции на данные показатели в парном ведущем глазу.

5. Разработать алгоритм реабилитации детей с аккомодационными нарушениями, гиперметропической анизометропией и амблиопией на основе коррекции рефракционных нарушений и индивидуального оптико-функционального плана лечения.

Протокол диссертационного исследования был одобрен Локальным этическим Комитетом 01.04.2021, протокол № 104.7. Исследование выполнено в Чебоксарском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С. Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Были обследованы 202 пациента (304 глаза), которые составили 3 группы.

I группа включала 102 амблиопичных глаза у детей с анизометропией и гиперметропией. МКОЗ составила от 0,05 до 0,3, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от +3,0 до +7,5 дптр, анизометропии – от 3,5 до 7,0 дптр. Пациенты были разделены на 3 подгруппы:

1-я подгруппа – 36 амблиопичных глаз у детей, которым был выполнен ФемтоЛАЗИК с последующим консервативным плеоптическим и оптико-функциональным лечением;

2-я подгруппа – 34 амблиопичных глаза у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, лечение которых заключалось в очковой коррекции в сочетании с окклюзией и оптико-функциональным лечением;

3-я подгруппа – 32 амблиопичных глаза среди детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией, которые использовали контактные линзы в сочетании с консервативным лечением.

II группа включала 102 парных глаза без амблиопии. МКОЗ составила не менее 0,9, СЭ рефракции на фоне медикаментозной циклоплегии – от 0,00 до +1,5 дптр. Группа была разделена на 3 подгруппы:

1-я подгруппа – 36 ведущих глаз у детей после ФемтоЛАЗИК;

2-я подгруппа – 34 ведущих глаза у детей с очковой коррекцией;

3-я подгруппа – 32 ведущих глаза у детей с контактной коррекцией.

Все дети получали оптико-функциональное лечение аккомодационных нарушений парного глаза.

III группа (контрольная) – 100 глаз у детей с эмметропией в возрасте от 7 до 11 лет.

Всем пациентам до начала лечения и каждые 6 месяцев в течение 2 лет наблюдения проводили визометрию без коррекции и с коррекцией по общей методике при помощи проектора знаков ТСП-3000 (Tomey, Япония) на расстоянии 5 м и с помощью аппарата «ФОРБИС» на расстоянии 50 см, рефрактометрию на авторефрактометре RC-5000 (Tomey, Япония) в обычных условиях и в условиях медикаментозной циклоплегии, биомикроофтальмоскопию с помощью щелевой лампы TSL-5000 (Tomey, Япония), оптическую биометрию на биометре IOL-master (Carl Zeiss) и асферических линз 78,0 и 90,0 дптр (Volk, Ocular) в условиях циклоплегии, определение характера зрения с помощью теста Уорса с красно-зелеными цветофильтрами, определение РОЗ на ретинометре Lambda 100 (Heine, Германия).

Перед началом лечения у всех пациентов исследовали состояние аккомодации: аккомодографию на медицинском приборе Righton Speedy-K (США), ОАО и объективные ЗОА на авторефрактометре WR-5100K фирмы Grand Seiko (Япония), толщину цилиарной мышцы, хрусталика и амплитуду

колебания толщины цилиарной мышцы на оптическом когерентном томографе CASIA 2 (Tomey, Япония).

Статистическую обработку данных проводили при помощи компьютерных программ Statistica 12.0 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel 2017 (Microsoft, США), при помощи непараметрического критерия Фридмана для зависимых выборок для анализа повторных измерений до и после лечения и непараметрического дисперсионного анализа Краскела – Уоллиса с последующим попарным выявлением различий между группами при помощи непараметрического критерия Манна – Уитни для независимых выборок. Анализ процентов осуществляли с помощью критерия Мак-Нимара для зависимых выборок и критерия хи-квадрат для независимых выборок. Различия между показателями выборок считаются значимыми при уровне значимости менее 0,05.

При сравнении показателей детей с очковой и контактной коррекцией с результатами у детей после ФемтоЛАЗИК, у детей после операции отмечалось статистически значимое повышение НКОЗ на расстоянии 5 м с 0,06 (0,05–0,10) до 0,18 (0,10–0,20) ($p_{Fr} < 0,001$) через 6 месяцев от начала наблюдения за счет снижения степени СЭ и анизометропии с последующей стабилизацией их данных. Аналогичные изменения были по МКОЗ на расстоянии 5 м, где наибольшее повышение этого показателя с 0,14 (0,10–0,20) до 0,25 (0,15–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$) наблюдалось также через 6 месяцев после РЛО с последующим постепенным повышением МКОЗ до 0,38 (0,25–0,50) ($p_{Fr} < 0,001$) ко 2-му году наблюдения. В остальных подгруппах изменения МКОЗ были равномерные в течение всего периода наблюдения: у детей с очковой коррекцией – с 0,16 (0,10–0,20) до 0,25 (0,15–0,32) ($p_{Fr} < 0,01$); у детей с контактной коррекцией – с 0,14 (0,10–0,20) до 0,31 (0,16–0,40) ($p_{Fr} < 0,001$). Через 2 года мы отметили получение лучшей остроты зрения у детей после ФемтоЛАЗИК, данные между группами были статистически значимы ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$).

Снижение остроты зрения регистрировалось на всех расстояниях, в том числе и на расстоянии 50 см. Изменения НКОЗ у детей после ФемтоЛАЗИК на

расстоянии 50 см главным образом также происходили через 6 месяцев, где отмечалось ее повышение с 0,05 (0,05–0,10) до 0,15 (0,10–0,20) ($p_{Fr} < 0,001$), у детей с контактной коррекцией наибольшее повышение, но менее значимое по сравнению с 1-й подгруппой также наблюдалось через 6 месяцев – с 0,05 (0,05–0,10) до 0,08 (0,05–0,10) ($p_{Fr} < 0,01$), ($p_{1-3} < 0,001$). У детей с очковой коррекцией значимых изменений данного показателя не выявлено. Изменения МКОЗ на расстоянии 50 см были аналогичны изменениям МКОЗ на расстоянии 5 м. Максимальное двухкратное ее повышение регистрировалось у детей через 6 месяцев после ФемтоЛАЗИК с 0,10 (0,05–0,10) до 0,22 (0,10–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$) с последующим постепенным ее повышением до 0,30 (0,20–0,30) ($p_{Fr} < 0,001$). У детей с контактной и очковой коррекцией статистически значимое повышение МКОЗ наблюдалось только через один год наблюдения. Полученные результаты остроты зрения согласуются с данными литературы [70; 85]. Результаты нашего исследования также подтверждают работы, показывающие эффективность лечения амблиопии у детей в возрасте 7–11 лет [122; 92]. Таким образом, более достоверное повышение клиничко-функциональных данных было у детей после ФемтоЛАЗИК.

На фоне проводимого лечения отмечалось постепенное повышение РОЗ во всех трех подгруппах, однако наиболее достоверное ее изменение было у детей после ФемтоЛАЗИК, где РОЗ через 2 года лечения повысилась с 0,32 (0,12–0,32) до 0,50 (0,40–0,63) ($p_{Fr} < 0,001$). Во 2-й и 3-й подгруппах данный показатель повысился менее значимо – с 0,28 (0,20–0,32) до 0,32 (0,26–0,36) ($p_{Fr} < 0,05$) и с 0,20 (0,12–0,32) до 0,32 (0,20–0,40) ($p_{Fr} < 0,01$) соответственно ($p_{1-2-3k-w} < 0,001$). В доступной литературе нет данных о повышении РОЗ на фоне лечения амблиопии, но, вероятно, это связано с повышением ретинальной плотности биоэлектрической активности рецепторов в макулярной области [57].

Нарушение бинокулярного характера зрения до лечения имело место в 88% случаев (81 ребенок) среди всех детей с анизометропией, вошедших в данное исследование с преобладанием монокулярного характера зрения. На

фоне проводимого лечения через 2 года впервые сформированный бинокулярных характер зрения у детей после ФемтоЛАЗИК появился в 16,7% случаев (6 человек) ($p_{x2} < 0,05$), у детей с очковой коррекцией – в 5,9% случаев (2 человека) ($p_{x2} > 0,05$), у детей с контактной коррекцией – в 9,4% случаев (3 ребенка) ($p_{x2} > 0,05$). Уменьшение врожденного сложного рефракционного нарушения у детей после операции, а именно анизометропии и гиперметропии, позволило создать условия для формирования бинокулярного характера зрения, основные изменения характера зрения происходили в первый год наблюдения.

На расстоянии 50 см также преобладал монокулярный характер зрения, диагностированный в 93,5% случаев (86 детей). Через 2 года бинокулярные функции сформировались в 22,2% случаев (8 детей) после ФемтоЛАЗИК ($p_{x2} < 0,01$). У детей с контактной коррекцией основной прирост был среди пациентов с впервые сформировавшимся одновременным характером зрения – 12,6% случаев (4 ребенка) ($p_{x2} > 0,05$). У детей с очковой коррекцией, как правило, сохранялся монокулярный характер зрения. Аналогичные данные были получены и другими авторами [59].

При исследовании аккомодации по данным аккомодографа была зафиксирована анизоаккомодация, которая проявлялась регистрацией на амблиопичном глазу слабости аккомодации с низким аккомодационным ответом и низкой частотой аккомодационных микрофлюктуаций или комбинированного типа нарушения аккомодации с низким аккомодационным ответом, но с сохранением высокой частоты аккомодационных микрофлюктуаций, при сохранении нормального аккомодационного ответа и высокой частоты аккомодационных микрофлюктуаций в парном глазу. Комбинированный тип нарушения аккомодации в амблиопичном глазу был описан рядом авторов сначала у пациентов с миопией [8], позже – у пациентов с гиперметропией [6], что также согласуется с представленными результатами.

Для повышения более точного результата расчета КАО была разработана оптимизированная формула его расчета (подана заявка на патент). Определение углового линейного коэффициента наклона кривой, представляющего линию тренда, рассчитывали методом наименьших квадратов по всем информативным точкам данного обследования (N точек) по предложенной формуле:

$$\text{КАО} = \frac{N \sum (AC_i - R) \sum AO_i - N \sum (AC_i - R) \sum AO_i}{N \sum (AC_i - R)^2 \sum AO_i - (\sum (AC_i - R))^2}$$

где КАО – коэффициент аккомодационного ответа, AO_i – аккомодационный ответ в диоптриях, AC_i – аккомодационный стимул в диоптриях, R – собственная рефракция.

Анализ аккомодационных коэффициентов показал до лечения резкое снижение КАО у всех пациентов. У детей после ФемтоЛАЗИК уменьшение рефракционного нарушения после операции позволило достигнуть более высоких показателей КАО, который повысился с 0,01 (-0,0–0,08) до 0,13 (0,10–0,15) усл. ед. ($p_{Fr} < 0,001$) по сравнению со 2-й и 3-й подгруппами сравнения, где он повысился с -0,02 (-0,09–0,09) до 0,05 (0,00–0,08) ($p_{Fr} < 0,01$) и с 0,01 (-0,06–0,08) до 0,09 (0,06–0,12) ($p_{Fr} < 0,01$) усл. ед. соответственно ($p_{1-2-3 \text{ k-w}} < 0,001$). При анализе КМФ амблиопичного глаза у детей после ФемтоЛАЗИК через 6 месяцев наблюдения отмечалось резкое повышение данного показателя с 57,86 (53,20–59,36) до 65,59 (62,10–68,42) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$) с последующим его постепенным снижением до 62,17 (60,40–63,80) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$) к концу наблюдения, что, вероятно, связано с резким повышением остроты зрения и нестабильным рефракционным компонентом у этих детей. В остальных подгруппах фиксировалось постепенное повышение данного коэффициента. Через 2 года наблюдения КМФ у детей с контактной коррекцией был приближен к показаниям у детей после ФемтоЛАЗИК и составил 62,06 (58,45–65,47) мкф/мин ($p_{1-3} = 0,541$), в отличие от детей с очковой коррекцией, где он составил 58,62 (56,35–60,05) мкф/мин ($p_{1-2} <$

0,001). Таким образом наиболее значимое повышение КАО и КМФ было у детей после ФемтоЛАЗИК. Повышение КМФ амблиопичного глаза выше референсных значений, вероятно, обусловлено повышением зрительной активности и является благоприятным прогнозом для дальнейшего повышения клинко-функциональных данных. Перечисленные выше результаты не согласуются с работой других авторов, в которой были получены более высокие показатели аккомодационного ответа и более низкие результаты АМФ у детей с анизометропической амблиопией [68]. Данные различия можно объяснить тем, что в указанное исследование были включены только дети с амблиопией средней степени, тогда как в настоящем исследовании преобладали пациенты с амблиопией высокой степени; также исследование авторов было выполнено при помощи аккомодографа Righton Speedy-I, в то время как наше исследование – на аккомодографе Righton Speedy-K.

Применение оптического и функционального лечения у детей с анизометропической амблиопией позволило уже через 6 месяцев после ФемтоЛАЗИК добиться уменьшения количества пациентов со слабостью аккомодации в амблиопичном глазу в 27,8% (10 детей), что в 3,3 раза выше, чем у детей с очковой коррекцией, и в 1,7 раза выше, чем у детей с контактной коррекцией.

Нами был модифицирован способ исследования объективного аккомодационного ответа (ОАО) у пациентов с анизометропией и амблиопией (патент РФ на изобретение № 2023115939; приоритет от 19.06.2023), который основан на проведении исследования в мягкой контактной линзе на амблиопичном глазу, обеспечивающей максимальную остроту зрения. Измерение ОАО проводили при помощи установки текста № 10 для близи, соответствующего остроте зрения 0,1, на расстоянии 33 см для каждого глаза. Все исследования проводились трехкратно на обоих глазах.

В данном исследовании на фоне проводимого лечения, направленного на коррекцию аномалий рефракции и индивидуальное функциональное

лечение амблиопии аккомодационных нарушений, удалось приблизить показатели к данным у пациентов с эметропичной рефракцией. У детей после ФемтоЛАЗИК снижение анизометропии и гиперметропии способствовало статистически значимому повышению ОАО через 6 месяцев после операции с $-1,00$ ($-0,75 - -1,50$) до $-1,50$ ($-1,25 - -1,75$) дптр ($p_{Fr} < 0,01$). У детей с очковой коррекцией ОАО через 6 месяцев повысился с $-1,20$ ($-1,00 - -1,50$) до $-1,25$ ($-1,00 - 1,50$) дптр ($p_{Fr} > 0,05$), у детей с контактной коррекцией – с $-1,25$ ($-0,75 - -1,50$) до $-1,31$ ($-1,00 - -1,50$) ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-2-3 k-w} = 0,006$). Раннее улучшение аккомодации у пациентов после ФемтоЛАЗИК сопряжено с улучшением остроты зрения на 50 см. Через 2 года наибольшие результаты данного показателя удалось достичь у детей после ФемтоЛАЗИК, где он составил $-1,88$ ($-1,50 - -2,25$) дптр ($p_{Fr} < 0,001$), у детей с очковой коррекцией он был равен $-1,42$ ($-1,25 - -1,50$) дптр ($p_{Fr} < 0,01$), у детей с контактной коррекцией – $-1,73$ ($-1,50 - -2,00$) дптр ($p_{Fr} < 0,001$). Полученные данные по оптимизированной технологии были ниже результатов других авторов, исследовавших детей с гиперметропией, что связано с отсутствием амблиопии у диагностируемых детей и использованием в качестве мишени текста № 4, требующего больших аккомодационных затрат [64]. Повышение объективных ЗОА в амблиопичном глазу у детей после ФемтоЛАЗИК и с контактной коррекцией было близким. У детей после ФемтоЛАЗИК объективные ЗОА повысились на 1,0 дптр, у детей с контактной коррекцией – на 0,82 дптр; к концу лечения данный показатель в обеих группах составил $-2,00$ ($-1,50 - -2,00$) дптр ($p_{Fr} < 0,001$), в отличие от детей с очковой коррекцией, где ЗОА повысились на 0,5 дптр и составили $-1,50$ ($-1,25 - -1,50$) дптр ($p_{Fr} < 0,01$).

Несмотря на то, что восстановление ОАО и объективных ЗОА у детей после ФемтоЛАЗИК и с контактной коррекцией были близки, однако выполнение РЛЮ позволило впервые сформировать устойчивый ОАО амблиопичного глаза у 6 детей (16,7%) ($p_{x2} < 0,05$), а ношение контактных линз – у 4 детей (12,5%) ($p_{x2} > 0,05$).

Впервые в отечественной практике проведен способ исследования аккомодации при помощи ОКТ у пациентов с анизометропией и амблиопией (патент РФ на изобретение № 2022118099; заявл. 04.07.2022). За рубежом исследование цилиарной мышцы было предложено Lewis H. A. с соавт. (2012) [84], где цилиарную мышцу визуализировали в условиях естественной аккомодации при фиксации мишени в виде креста с различными стимулами – 0, 4 и 6 дптр.

Согласно представленному исследованию, аккомодация диагностируется при естественной аккомодации с узким зрачком с предварительно установленной контактной линзой оптической силы, соответствующей максимальной остроте зрения, и фиксации взгляда на мишени, а также при медикаментозно выключенной аккомодации после удаления контактной линзы и устранения мишени. В качестве мишени использовали снежинку черного цвета на белом фоне размером, соответствующим остроте зрения 0,1, на расстоянии 33 см со смещением взгляда на 40 градусов в сторону носа. Угол в 40 градусов позволяет зафиксировать мишень при минимальном повороте глаза, когда оптическая ось томографа проходит через склеру, а не через роговицу, что снижает оптические искажения. Анализ толщины цилиарной мышцы (Ciliary Muscle Thickness (CMT)) проводился на четырех различных уровнях по отношению к склеральной шпоре: CMT_{max} – максимальная толщина цилиарной мышцы, а также на расстоянии 1, 2 и 3 мм от склеральной шпоры (CMT_1 , CMT_2 и CMT_3 соответственно).

Анализ результатов оценки цилиарной мышцы показал, что разработанная методика позволила диагностировать функциональные изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы у пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией. При исследовании височной части цилиарной мышцы в четырех точках измерения на амблиопичном глазу и парном ведущем глазу вследствие хронического напряжения аккомодации толщина цилиарной мышцы была выше по

сравнению с показателями детей с эмметропией и коррелировала со степенью гиперметропии. Толщина цилиарной мышцы амблиопичного глаза при естественной аккомодации при гиперметропии высокой степени на уровне $СМТ_{max}$ была равна 736 мкм, $СМТ_1$ – 695 мкм, $СМТ_2$ – 433 мкм, $СМТ_3$ – 192 мкм; при гиперметропии средней степени данный показатель на уровне $СМТ_{max}$ составил 711 мкм, $СМТ_1$ – 661 мкм, $СМТ_2$ – 411 мкм, $СМТ_3$ – 178 мкм. Приведенные результаты согласуются с данными ранее опубликованных работ [86] и превышают результаты, полученные рядом других авторов [84], что, вероятно, связано с отсутствием в последнем исследовании амблиопии среди диагностируемых.

У всех детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией в амблиопичном глазу была снижена амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы, представляющая собой разницу толщины цилиарной мышцы при напряжении аккомодации и медикаментозно выключенной аккомодации. Выполнение ФемтоЛАЗИК с применением оптико-функционального лечения приводило к равномерному увеличению силы сокращения цилиарной мышцы, в отличие от очковой и контактной коррекции, где регистрировались ее неравномерные изменения. Наиболее высокое повышение колебания амблиопичного глаза ко 2-му году наблюдения на уровне $СМТ_{max}$ и $СМТ_1$ было у детей после ФемтоЛАЗИК и у детей с контактной коррекцией. Через 2 года амплитуда колебания на уровне $СМТ_{max}$ у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией повысилась на 9 и 8 мкм соответственно и составила 24 (22–29) и 24 (22–28) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), у детей с очковой коррекцией – на 7 мкм и составила 23 (20–27) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), данные различий между группами были статистически не значимы ($p_{1-2-3 k-w} = 0,153$). На уровне $СМТ_1$ амплитуда колебания у детей после ФемтоЛАЗИК повысилась на 9 мкм и достигла 24 (20–29) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), у детей с контактной коррекцией – на 7 мкм и также составила 24 (20–27) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), наименьшее повышение данного показателя наблюдалось у детей с очковой коррекцией – на 6 мкм, составив к концу наблюдаемого периода 22 (19–23) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-2} = 0,003$,

$p_{1-3} = 0,076$). Анализ данных передних отделов цилиарной мышцы во всех подгруппах показал приближение данных амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы к показателям детей с эметропией, однако показатели у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией были ближе в отличие от детей с очковой коррекцией. В задних отделах (СМТ₂ и СМТ₃) амплитуда колебания на уровне СМТ₂ у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией повысилась на 4 мкм и составила 15 (13–16) ($p_{Fr} < 0,001$) и 14 (10–16) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) соответственно ($p_{1-2} = 0,085$), менее значимое повышение было у детей с контактной коррекцией – на 3 мкм, составив 11 (9–12) мкм ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-3} < 0,001$). Аналогичные изменения в данных подгруппах регистрировались на уровне СМТ₃, повысившись на 3 мкм и составив 13 (10–16) мкм ($p_{Fr} < 0,01$) у детей после ФемтоЛАЗИК и на 2,5 мкм у детей с очковой коррекцией, составив 12 (10–15) мкм ($p_{Fr} < 0,01$) ($p_{1-2} = 0,156$). У детей с контактной коррекцией амплитуда колебания на уровне СМТ₃ оставалась без изменений и составила 11 (9–13) мкм ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-3} = 0,010$). Изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы задних отделов были сопоставимы у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией. В литературе отсутствуют публикации о результатах исследования амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы.

Изменения аккомодации у детей с анизометропической амблиопией и гиперметропией наблюдались и в парном ведущем глазу, тенденция распределения их изменений была близка к амблиопичному глазу.

По данным аккомодограмм основные изменения в парном глазу регистрировались в виде повышения КМФ, среднее значение которого во всех подгруппах было более 63 мкф/мин. Проводимое лечение обеспечило постепенное равномерное в течение всего наблюдаемого периода снижение данного коэффициента во всех группах, наиболее значимое ко 2-му году наблюдения у детей после ФемтоЛАЗИК – с 63,91 (60,01–67,80) до 59,75 (58,67–61,47) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$); наименьшее снижение КМФ было у детей

с очковой коррекцией – с 64,78 (61,39–68,18) до 63,50 (60,13–65,86) мкф/мин ($p_{Fr} < 0,001$), что соответствует данным ряда авторов [6; 30].

Выполнение ФемтоЛАЗИК и ношение контактной коррекции с последующим консервативным лечением позволили приблизиться данным ОАО парного ведущего глаза к показателям детей с эмметропией: данный показатель повысился на 0,5 дптр и достиг к концу наблюдения равных показаний – -2,50 (-2,00 – -2,75) дптр ($p_{Fr} < 0,01$) в обеих подгруппах; у детей с очковой коррекцией ОАО повысился на 0,25 дптр и составил -2,00 (-1,75 – -2,50) дптр ($p_{Fr} < 0,05$). Объективные ЗОА у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией повысились на 1,0 дптр и достигли нижней границы нормы – -3,00 (-2,50 – -3,50) дптр ($p_{Fr} < 0,001$); у детей с очковой коррекцией повышение было такое же, как в амблиопичном глазу – на 0,5 дптр ($p_{Fr} < 0,01$), составив -2,50 (-2,00 – -2,50) дптр. В доступной литературе нет данных исследования ОАО на текст № 10 у пациентов с гиперметропией.

Толщина цилиарной мышцы в парном ведущем глазу была меньше по сравнению с амблиопичным глазом, но выше по сравнению с показателями детей с эмметропией, и аналогично амблиопичному глазу зависела от степени гиперметропии. Толщина цилиарной мышцы парного глаза при естественной аккомодации при гиперметропии высокой степени на уровне $СМТ_{max}$ была равна 706 мкм, $СМТ_1$ – 661 мкм, $СМТ_2$ – 430 мкм, $СМТ_3$ – 180 мкм; при гиперметропии средней степени данный показатель на уровне $СМТ_{max}$ составил 674 мкм, $СМТ_1$ – 633 мкм, $СМТ_2$ – 408 мкм, $СМТ_3$ – 171 мкм, что соответствует данным других авторов [86].

Амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы в парном глазу также была снижена по сравнению с показателями детей с эмметропией. На фоне проводимого лечения данные показатели были близки или равны значениям контрольной группы. Тенденция повышения амплитуды колебания между подгруппами была аналогична амблиопичному глазу. Через 2 года амплитуда колебания на уровне $СМТ_{max}$ у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией повысилась на 5 и 5,5 мкм соответственно и составила

30,5 (25–33) и 30 (26–32) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), у детей с очковой коррекцией – на 3 мкм и составила 28 (24–31,5) мкм ($p_{Fr} < 0,001$), данные различий между группами были статистически не значимы ($p_{1-2-3 \text{ k-w}} = 0,168$). Амплитуда колебания на уровне СМТ₁ у детей после ФемтоЛАЗИК и с контактной коррекцией повысилась на 4 мкм и достигла 29 (25–31) ($p_{Fr} < 0,001$) и 29 (25–30) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) соответственно, у детей с очковой коррекцией данный показатель повысился на 3 мкм, составив 28 (22–30) мкм ($p_{Fr} < 0,001$) ($p_{1-2-3 \text{ k-w}} = 0,306$). Анализ данных передних отделов цилиарной мышцы во всех подгруппах показал сопоставимые изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы по отношению к показателям у детей с эметропией, однако изменения у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией были ближе. В задних отделах (СМТ₂ и СМТ₃) изменения внутри подгрупп были менее значимыми. Амплитуда колебания на уровне СМТ₂ у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией повысилась на 2 мкм и составила 17 (13–17) и 17 (13–18) мкм ($p_{1-2} = 0,127$) соответственно. Аналогичные изменения в данных подгруппах регистрировались на уровне СМТ₃, повысившись на 2 мкм и составив 15 (14–17) мкм ($p_{Fr} < 0,05$) у детей после ФемтоЛАЗИК и 15 (12–16) мкм ($p_{Fr} < 0,05$) у детей с очковой коррекцией ($p_{1-2} = 0,042$). У детей с контактной коррекцией данный показатель оставался без изменений и составил 13 (10–15) мкм ($p_{Fr} > 0,05$) ($p_{1-3} < 0,001$). Изменения амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы задних отделов были сопоставимы у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с очковой коррекцией.

В зависимости от типа диагностированного аккомодационного нарушения, наличия амблиопии, длительности проводимого лечения впервые был построен алгоритм реабилитации пациентов с гиперметропической анизометропией. Согласно разработанному в Чебоксарском филиале «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С. Н. Федорова» методу лечения анизометропической амблиопии при гиперметропии с помощью ФемтоЛАЗИК ребенок должен получить максимально возможно полную очковую или контактную коррекцию и окклюзию лучше видящего глаза. До

начала лечения проводят анализ аккомодационных показателей при помощи аккомодографа, авторефрактометра открытого поля и ОКТ. Аппаратное функциональное и плеоптического лечение заключается в следующем:

- при слабости аккомодации назначаются «МАКДЭЛ», «Амблиокор» (стимуляция), светостимуляция и электростимуляция;
- при комбинированном типе нарушения: «Визотроник», «Ручеек», «СПЕКЛ-М», «АМО-АТОС Амблио-1», светостимуляция;
- при ПИНА: «Визотроник», «Ручеек», «Амблиокор» (расслабление), «АМО-АТОС Каскад» + медикаментозное лечение (2,5% фенилэфрин).

Оценку эффективности лечения амблиопии проводят после двух курсов аппаратного лечения. При неэффективности консервативного лечения рекомендовано выполнение ФемтоЛАЗИК на худшем амблиопичном глазу с последующим функциональным лечением в течение 3–4 лет. При положительном эффекте – повышении МКОЗ на 2 строчки – рекомендовано дальнейшее продолжение лечения.

Таким образом, на основе разработанных методик обследования объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации на авторефрактометре открытого поля и амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы на ОКТ с дополнительной диагностикой аккомодограмм были получены объективные данные, позволяющие дифференцированно подойти к тактике оптико-функционального лечения и оценить ее эффективность за счет более точных диагностических методов аккомодации, учитывающих наличие амблиопии и анизометропии.

При исходно высокой анизометропии (от 3,0 дптр и выше) результаты консервативного лечения аккомодационных нарушений в группах с применением очковой и контактной коррекции в настоящем исследовании уступают результатам в группе после РЛЮ. Основная проблема заключается в сложности достижения постоянной оптимальной коррекции амблиопичного глаза, а также нарушении комплаентности лечения пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ клинико-функциональных данных ко 2-му году наблюдения показал во всех подгруппах улучшение зрительных и восстановление бинокулярных функций, а также повышение коэффициента аккомодационного ответа и микрофлюктуаций; более значимые изменения регистрировались у детей после ФемтоЛАЗИК, где МКОЗ повысилась с 0,14 (0,10–0,20) до 0,40 (0,25–0,45) ($p_{Fr} < 0,001$), бинокулярный характер зрения впервые появился в 16,7% случаев ($p_{\chi^2} < 0,05$).

2. Разработанный метод диагностики показателей аккомодации с помощью авторефрактометра открытого поля позволил диагностировать более высокий объективный аккомодационный ответ амблиопичного глаза у детей после ФемтоЛАЗИК в отличие от других групп сравнения ($p_{1-2} < 0,001$ и $p_{1-3} = 0,031$).

3. Разработанная технология исследования аккомодации цилиарной мышцы с применением оптической когерентной томографии позволила зарегистрировать у детей после ФемтоЛАЗИК равномерное повышение амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы на четырех уровнях измерения, в отличие от очковой и контактной коррекции.

4. Сравнительный анализ аккомодационных функций в парном ведущем глазу ко 2-му году наблюдения показал снижение коэффициента микрофлюктуаций, более значимое у детей после ФемтоЛАЗИК ($p_{Fr} < 0,001$), а также равнозначное повышение объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации у детей после ФемтоЛАЗИК и детей с контактной коррекцией ($p_{1-3} = 0,734$ и $p_{1-3} = 0,427$ соответственно).

5. Разработанный алгоритм реабилитации пациентов с анизометропической амблиопией и гиперметропией, заключающийся в обеспечении ребенка максимально возможно полной очковой или контактной коррекцией, проведении аппаратного лечения с учетом типа исходного

аккомодационного нарушения, при неэффективности выполнении ФемтоЛАЗИК с последующим лечением, позволил достичь лучших клинико-функциональных данных в группе детей после операции через 6 месяцев за счет снижения степени гиперметропии и анизометропии, в отличие от результатов детей с очковой и контактной коррекцией, где наибольший прирост показателей был через 1–1,5 года с сохранением более низких значений ко 2-му году наблюдения

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. С целью достижения более высоких функциональных результатов у детей с анизометропической амблиопией средней и высокой степени назначается максимально возможная полная очковая или контактная коррекция, окклюзия лучше видящего глаза и оптико-функциональное аппаратное лечение, заключающееся в применении определенных приборов и методов при следующих нарушениях аккомодации:

- при слабости аккомодации: «ФОРБИС», «МАКДЭЛ», «Амблиокор» (стимуляция), магнитостимуляция, электростимуляция;
- при комбинированном типе нарушения аккомодации: «Визотроник», «Ручеек», лазерстимуляция, магнитостимуляция, светостимуляция;
- при привычно-избыточном напряжении аккомодации: «Визотроник», «Ручеек», «Амблиокор» (расслабление), магнитостимуляция, светостимуляция + медикаментозное лечение (2,5% фенилэфрин).

2. При сложности в соблюдении постоянной традиционной коррекции и неэффективности консервативного лечения амблиопии и нарушений аккомодации в течение 1 года выполнять ФемтоЛАЗИК на худшем амблиопичном глазу с последующим плеоптическим и оптико-функциональным лечением.

3. Для более точной оценки эффективности проводимого лечения у пациентов с анизометропической амблиопией необходимо исследовать динамику аккомодационного ответа и количества аккомодационных микрофлюктуаций с помощью компьютерной аккомодографии, объективного аккомодационного ответа и объективных запасов относительной аккомодации методом авторефрактометра «открытого поля» и амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы.

4. Исследование аккомодационного ответа у пациентов с анизометропической амблиопией необходимо проводить по оптимизированной технологии в мягкой контактной линзе на амблиопичном

глазу, обеспечивающей максимальную остроту зрения при помощи установки текста № 10 для близи, соответствующего остроте зрения 0,1, на расстоянии 33 см. Пациент фиксирует взгляд на тексте двумя глазами, обеспечивая напряжение аккомодации, затем проводят измерение рефракции каждого глаза.

5. Исследование амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы с помощью оптической когерентной томографии переднего отрезка целесообразно проводить при естественной аккомодации с узким зрачком – с предварительно установленной контактной линзой оптической силы, соответствующей максимальной остроте зрения, и при медикаментозно выключенной аккомодации после удаления контактной линзы. Пациент фиксирует взгляд на мишени, соответствующей остроте зрения 0,1, со смещением на 40 градусов от центра и на заданном расстоянии 33 см. После снятия мягкой контактной линзы и двухкратного закапывания мидриатиков проводят аналогичное измерение без использования мишени.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АМФ – аккомодационные микрофлюктуации

дптр – диоптрия

ЗОО – запасы относительной аккомодации

КАО – коэффициент аккомодационного ответа

КМФ – коэффициент микрофлюктуаций

КР – коэффициент роста

КУС – коэффициент устойчивости

ЛАЗИК – лазерный кератомилез in situ

ЛАСЭК – лазерный эпителиальный кератомилез

МКЛ – мягкие контактные линзы

мкм – микрон

МКОЗ – максимально скорректированная острота зрения

НКОЗ – некорректированная острота зрения

ОАО – объективный аккомодационный ответ

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПИНА – привычно-избыточное напряжение аккомодации

ПЗО – передне-задний отрезок

РЛО – рефракционная лазерная операция

РОЗ – ретинальная острота зрения

СЭ – сферический эквивалент

ФемтоЛАЗИК – лазерный кератомилез in situ с использованием фемтосекундного лазера для формирования роговичного клапана (Femtosecond laser in situ keratomileusis)

ФРК – фоторефракционная кератэктомия

DOF – глубина резкости фокуса

СМТ_{max} – Ciliary Muscle Thickness – максимальная толщина цилиарной мышцы

$СМТ_1$ – толщина цилиарной мышцы на расстоянии 1 мм от склеральной шпоры

$СМТ_2$ – толщина цилиарной мышцы на расстоянии 2 мм от склеральной шпоры

$СМТ_3$ – толщина цилиарной мышцы на расстоянии 3 мм от склеральной шпоры

$\Delta СМТ$ – амплитуда колебания толщины цилиарной мышцы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов, С. Э. Современные подходы к коррекции рефракционных нарушений / С. Э. Аветисов. – Текст: непосредственный // Вестник офтальмологии. – 2006. – Т. 122, № 1. – С. 3–8.
2. Аветисов, Э. С. Метод тренировки цилиарной мышцы при ослабленной аккомодации / Э. С. Аветисов, К. А. Мац. – Текст: непосредственный // Материалы Научной конференции по вопросам профилактики, патогенеза и лечения заболеваний органа зрения у детей. – Москва: Медицина, 1971. – С. 60–63.
3. Аккомодация: руководство для врачей / под ред. Л. А. Катаргиной. – Москва: Апрель, 2012. – 136 с. – Текст: непосредственный.
4. Александрова, Ж. Л. Анатомо-рефракционные показатели глазного яблока у детей с миопической рефракцией / Ж. Л. Александрова, К. К. Шефер. – Текст: непосредственный // Медицина. – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 74–81.
5. Алферова, В. В. Зрительный вызванный потенциалов ЭЭГ детей различного возраста / В. В. Алферова. – Текст: непосредственный // Журнал высшей нервной деятельности. – 1970. – Т. 20. – С. 1198–1203.
6. Анализ состояния аккомодации у пациентов с гиперметропией / Е. Г. Солодкова, О. С. Кузнецова, В. П. Фокин [и др.]. – Текст: непосредственный // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 5. – С. 227–230. – DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-227-230.
7. Апаев, А. В. Сравнительная оценка параметров зрительной фиксации при амблиопии различного генеза / А. В. Апаев, Е. П. Тарутта. – Текст: непосредственный // Вестник офтальмологии. – 2020. – Т. 136, № 2. – С. 26–31. – DOI: 10.17116/oftalma202013602126. – EDN YUOLRR.

8. Балалин, С. В. Офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации как фактор риска прогрессирования миопии / С. В. Балалин, Л. П. Труфанова. – Текст: электронный // Национальный журнал Глаукома. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 29–37. – URL: <https://doi.org/10.25700/NJG.2019.02.04> (дата обращения: 18.02.2022).
9. Баранов, А. А. Актуальные проблемы сохранения и укрепления здоровья детей в Российской Федерации / А. А. Баранов, А. Г. Ильин. – Текст: непосредственный // Российский педиатрический журнал. – 2011. – № 4. – С. 7–12.
10. Бауэр, С. М. О необходимости построения адекватной математической модели теории аккомодации / С. М. Бауэр. – Текст: непосредственный // Биомеханика глаза: сборник трудов II семинара. – Москва: МНИИГБ им. Гельмгольца, 2001. – С. 133–134.
11. Бейтс, У. Г. Улучшение зрения без очков по методу Бейтса / У. Г. Бейтс. – Вильнюс : Полина, 1995. – 265 с. – Текст: непосредственный.
12. Бубакер Хафедх, Б. А. Значение тренировок аккомодационной функции в комплексном лечении детей с различными видами гиперметропической амблиопии: специальность 14.00.18 «Глазные болезни»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Бубакер Хафедх Бен Ахмед; Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова Академии медицинских наук Украины. – Одесса, 1998. – 129 с. – Текст: непосредственный.
13. Вашкевич, М. И. Сравнение частотно-временных преобразований: Фурье-анализ, вейвлеты и банки фильтров на основе фазового преобразования / М. И. Вашкевич, И. С. Азаров. – Текст: непосредственный // Цифровая обработка сигналов. – 2020. – № 2. – С. 13–26.

14. Вербицкий, В. К. Очерк учения Gullstrand'a / В. К. Вербицкий. – Текст: непосредственный // Русский офтальмологический журнал. – 1926. – Т. 5, № 7. – С. 809–824.
15. Влияние циклоплегии на эффективность лечения амблиопии / Е. Л. Борщук, А. Е. Воронина, Э. А. Петросян, Т. Н. Казакова. – Текст: непосредственный // Оренбургский медицинский вестник. – Т. 9, № 4 (36). – 2021. – С. 21–24.
16. Волкова, Е. М. Влияние тонуса вегетативной нервной системы на функциональное состояние аккомодации при миопии: специальность 14.00.08 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Волкова Екатерина Михайловна. – Санкт-Петербург, 2007. – 26 с. – Место защиты: Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова. – Текст: непосредственный.
17. Демина, А. В. Особенности зрительного восприятия старших дошкольников с амблиопией и косоглазием / А. В. Демина, Е. В. Прокофьева. – Текст : непосредственный // Медработник дошкольного образовательного учреждения. – 2019. – № 4. – С. 34–37. – EDN PSDNHG.
18. Диагностика и лечение нарушений аккомодации у детей и подростков / С. А. Гончарова, Г. В. Пантелеев, В. Г. Пантелеева [и др.]. – Текст: непосредственный // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. – 2011. – № 4 (106). – С. 221–227.
19. Должич, А. В. Современные методы лечения амблиопии / А. В. Должич, И. А. Бубнова, А. Э. Асламазова. – Текст: непосредственный // Вестник офтальмологии. – 2018. – Т. 134, № 4. – С. 74–79.
20. Жаров, В. В. Методические рекомендации по компьютерной аккомодографии / В. В. Жаров, А. В. Егорова. – Уфа, 2007. – С. 1–8. – Текст: непосредственный.
21. Зислина, Н. Н. Влияние функциональных и органических нарушений в зрительной системе на амплитудные характеристики вызванных

- потенциалов / Н. Н. Зислина, Р. С. Сорокина. – Текст: непосредственный // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 3. – С 27–33.
22. К вопросу о приоритетности эксимерлазерной коррекции аномалий рефракции в комплексном лечении рефракционной и анизометропической амблиопии у детей и подростков / О. А. Клокова, С. Н. Сахнов, А. Г. Заболотный, А. В. Клоков. – Текст: электронный // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 12 (187). – С. 111–114. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-prioritetnosti-eksimerlazernoy-korreksii-anomaliy-refraktsii-v-kompleksnom-lechenii-refraktsionnoy-i-anizometropicheskoy> (дата обращения: 15.01.2022).
23. Клинико-функциональная оценка нарушений аккомодации при аметропиях / О. С. Кузнецова, Е. Г. Солодкова, В. П. Фокин, С. В. Балалин. – Текст: электронный // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2020. – Т. 16, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kliniko-funktsionalnaya-otsenka-narusheniy-akkomodatsii-pri-ametropiyah> (дата обращения: 07.02.2022).
24. Коротыгина, К. А. Современные подходы к диагностике и дифференциальной диагностике амблиопии / К. А. Коротыгина, С. И. Жукова. – Текст: непосредственный // Российский общенациональный офтальмологический форум. – 2022. – Т. 2. – С. 602–604. – EDN DJSUIK.
25. Кошиц, И. Н. Развитие теории Гельмгольца по результатам исследований исполнительных механизмов аккомодации / И. Н. Кошиц, О. В. Светлова. – Текст: непосредственный // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2003. – № 5. – С. 3–10.
26. Кошиц, И. Н. Современные представления об исполнительных механизмах аккомодации и теории Гельмгольца. Часть 1. Физиологические и биомеханические особенности функционирования

- системы аккомодации / И. Н. Кошиц, О. В. Светлова, Ф. Н. Макаров. – Текст: непосредственный // Глаз. – 2012. – № 2. – С. 11–19.
27. Кошиц, И. Н. Современные представления об исполнительных механизмах аккомодации и теории Гельмгольца. Часть II. Анатомия и функциональная морфология ресничного пояска / И. Н. Кошиц, О. В. Светлова, Ф. Н. Макаров. – Текст: непосредственный // Глаз. – 2012. – № 3. – С. 22–30.
28. Кошиц, И. Н. Функционирование исполнительных механизмов аккомодации и развитие теории аккомодации Гельмгольца. Нормальная физиология глаза: монография / И. Н. Кошиц, О. В. Светлова, А. И. Горбань. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Изд-во СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2016. – 264 с. – EDN ХМУРҮD. – Текст: непосредственный.
29. Крушельницкий, А. В. Новая теория аккомодации / А. В. Крушельницкий. – Текст: непосредственный // Офтальмологический журнал. – 2004. – № 4. – С. 54–57.
30. Кузнецова, О. С. Клинико-функциональная система реабилитации пациентов с нарушениями аккомодации при эксимерлазерной коррекции гиперметропии / О. С. Кузнецова, С. В. Балалин. – Текст: электронный // Российский офтальмологический журнал. – 2022. – Т. 15, № 2 (Прил). – С. 75–83. – URL: <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-75-83> (дата обращения: 18.03.2022).
31. Кукуюк, Т. В. Факторы риска развития амблиопии у детей дошкольного возраста / Т. В. Кукуюк, Е. В. Громакина, Л. В. Кузнецова // Точка зрения. Восток – Запад. – 2017. – № 4. – С. 102–105. – Текст: непосредственный.
32. Куликова, И. А. Кераторефракционная лазерная хирургия в реабилитации детей и подростков с гиперметропической рефракцией: специальность 14.00.08 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Куликова

- Ирина Леонидовна; ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С. Н. Федорова Росмедтехнологии». – Москва, 2009. – 46 с.– [Место защиты: Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика Святослава Федорова]. – Текст: непосредственный.
33. Куликова, И. Л. Отдаленные результаты одновременного хирургического исправления косоглазия и лазерной коррекции гиперметропии у детей с амблиопией и анизометропией / И. Л. Куликова, Н. П. Паштаев, А. В. Гаглоева. – Текст: непосредственный // Современные технологии в офтальмологии. – 2018. – № 5. – С. 213–216. – DOI: 10.25276/2312-4911-2018-5-213-216. – EDN YMCUAX.
34. Куликова, И. Л. Отдаленные результаты фемтолазер-ассистированного лазерного интрастромального кератомилеза у детей с гиперметропией и анизометропической амблиопией / И. Л. Куликова, Н. В. Чапурин. – Текст: электронный // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 2S. – С. 46–51. – URL: <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-2S-46-51> (дата обращения: 12.01.2023).
35. Куренков, В. В. О корректности применения технологий лазерной рефракционной хирургии у детей / В. В. Куренков, Е. Ю. Маркова, Н. В. Куренкова. – Текст: электронный // Офтальмология. – 2016. – Т. 13, № 1. – С. 44–50. – URL: <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2016-1-44-50> (дата обращения: 12.01.2023).
36. Кушнаревич, Н. Ю. Агрессивный подход к управлению гиперметропией: метод максимального использования адаптационных резервов, заложенных природой в алгоритмы развития рефракции / Н. Ю. Кушнаревич. – Текст: электронный // Российский офтальмологический журнал. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 78–85. – URL: <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2017-10-2-78-85> (дата обращения: 14.03.2022).

37. Лещенко, И. А. Показания к подбору контактных линз у детей и подростков / И. А. Лещенко, И. В. Лобанова, Е. Г. Рыбакова. – Текст: непосредственный // Российская детская офтальмология. – 2016. – № 3. – С. 33–45.
38. Малюгин, Б. Э. Механизмы аккомодации: исторические аспекты и современные представления / Б. Э. Малюгин, С. А. Антонян. – Текст: непосредственный // Новое в офтальмологии. – 2005. – № 4. – С. 45–51.
39. Маркова, Е. Ю. Применение контактных линз в детской офтальмологической практике. Обзор / Е. Ю. Маркова, Е. А. Перфильева. – Текст: электронный // Офтальмология. – 2020. – Т. 17, № 1. – С. 32–41. – URL: <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-1-32-41> (дата обращения: 14.03.2022).
40. Марченко, И. Ю. Изменение основных параметров глаза человека при аккомодации / И. Ю. Марченко, Л. В. Степанова, Г. М. Сычев. – Текст: непосредственный // Биомеханика глаза 2005: сборник трудов конференции; МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – Москва, 2005. – С. 58–60.
41. Милаш, С. В. Периферическая рефракция и прогрессирование миопии / С. В. Милаш. – Текст: электронный // Российская педиатрическая офтальмология. – 2018. – № 13 (3). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perifericheskaya-refraktsiya-i-progressirovanie-miopii> (дата обращения: 01.04.2022).
42. Мягков, А. В. К вопросу о влиянии аккомодации и аккомодационных нарушений на процесс формирования и прогрессирования миопии (обзор литературы) / А. В. Мягков, П. Б. Карамышев. – Текст: электронный // The EYE ГЛАЗ. – 2020. – Т. 22, № 1 (129). – С. 34–43. – URL: <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-1-34-43> (дата обращения: 18.03.2022).
43. Новые возможности оценки результатов компьютерной аккомодографии / Р. В. Ершова, К. А. Кечек, В. В. Бржеский [и др.]. –

- Текст : непосредственный // Российская детская офтальмология. – 2014.– № 4. – С. 48–51.
44. Онуфрийчук, О. Н. Закономерности рефрактогенеза и критерии прогнозирования школьной миопии / О. Н. Онуфрийчук, Ю. З. Розенблюм. – Текст: непосредственный // Вестник офтальмологии. – 2007. – Т. 123, № 1. – С. 22–24.
45. Офтальмология: национальное руководство / под редакцией С. Э. Аветисова, Е. А. Егорова, Л. К. Мошетовой [и др.]. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 944 с. – Текст: непосредственный.
46. Патент № 2367385 Российская Федерация, МПК А61F 9/00 (2006.01), А61В 3/09 (2006.01), А61В 3/10 (2006.01). Способ исследования запасов и устойчивости относительной аккомодации: № 2008121553/14: заявл. 29.05.2008: опубл. 20.09.2009 / Тарутта Е. П., Филинова О. Б. ; патентообладатель ФГУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи». – 5 с. : ил. – Текст: непосредственный.
47. Патент № 2369369 Российская Федерация, МПК А61F 9/008 (2006.01). Способ хирургического лечения гиперметропической анизометропии у детей: № 2008115527/14: заявл. 23.04.2008: опубл. 10.10.2009 / Паштаев Н. П., Куликова И. Л.; заявитель и патентообладатель ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи». – 7 с.: ил. – Текст: непосредственный.
48. Патент № 2625648 Российская Федерация, МПК А61F 9/008 (2006.01). Способ формирования роговичного клапана у детей: № 2016123782: заявл. 16.06.2016: опубл. 17.07.2017 / Куликова И. Л., Шленская О. В., Паштаев Н. П.; заявитель и патентообладатель ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова». – 8 с.: ил. – Текст: непосредственный.

49. Петров, А. С. Результаты эксимерлазерной коррекции при анизометропии у детей с амблиопией / А. С. Петров. – Текст: непосредственный // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2018. – Т. 8, № 5. – С. 212.
50. Розенблюм, Ю. З. Оптометрия (подбор средств коррекции зрения) / Ю. З. Розенблюм. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Гиппократ, 1996. – 320 с. – Текст: непосредственный.
51. Салиев, И. Ф. Распространённость рефракционных нарушений среди детей школьного возраста. Скрининговое исследование / И. Ф. Салиев, Г. К. Назарова, Ф. М. Урманова. – Текст: непосредственный // Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS). – 2022. – № 2 (2). – С. 87–92. – DOI: 10.24412/2181-2454-2022-2-87-92.
52. Светлова, О. В. Исполнительные механизмы увеосклерального пути оттока / О. В. Светлова. – Текст: непосредственный // Ерошевские чтения: труды Всероссийской конференции «Геронтологические аспекты офтальмологии» и VI Международного семинара по вопросам пожилых «Самарские лекции», посвященные 100-летию со дня рождения Героя Социалистического Труда, лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, члена-корреспондента АМН СССР, профессора Тихона Ивановича Ерошевского. – Самара : Офорт, 2002. – С. 121–124.
53. Связь состояния аккомодации с временной контрастной чувствительностью глаза / Е. Н. Иомдина, Т. С. Егорова, К. В. Голубцов, И. В. Егорова. – Текст: непосредственный // Биомеханика глаза 2005: сборник трудов конференции; МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – Москва, 2005. – С. 48–51.
54. Сердюченко, В. И. Исследование аккомодации в различных меридианах глаза и модифицированная методика лечения ее нарушений при гиперметропической амблиопии / В. И. Сердюченко, И. А. Вязовский. – Текст: непосредственный // Биомеханика глаза - 2004:

- сборник трудов научной конференции; МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – Москва, 2004. – С. 34–38.
55. Сердюченко, В. И. О врожденной и приобретенной гиперметропии / В. И. Сердюченко, Ю. Е. Голубенко. – Текст: непосредственный // Офтальмологический журнал. – 1998. – № 6. – С. 471–475.
56. Слепота и нарушения зрения. – Текст: электронный // Всемирная организация здравоохранения : глобальный веб-сайт. – 2023. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
57. Слышалова, Н. Н. Функциональные симптомы амблиопии высокой степени и критерии дифференциального диагноза: специальность 14.00.08 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Слышалова Наталья Николаевна; Ивановская государственная медицинская академия Росздрава. – Москва, 2007. – 32 с.: ил. – Место защиты: Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца Росмедтехнологий. – Текст: непосредственный.
58. Соколов, В. А. Результаты аппаратного лечения амблиопии различного генеза / В. А. Соколов, А. Аль Шарафи. – Текст: электронный // Наука молодых – Eruditio Juvenium. – 2014. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-apparatnogo-lecheniya-ambliopii-razlichnogo-geneza> (дата обращения: 17.06.2022).
59. Сравнительный анализ динамики формирования бинокулярных функций у детей с оперированным косоглазием и у детей с анизометропической амблиопией / Ю. В. Матросова, Е. Ю. Кутимова, О. Л. Фабрикантов [и др.]. – Текст: непосредственный // Медицина. – 2018. – № 4. – С.17–27.
60. Страхов, В. В. К вопросу о биомеханизме инволюционных изменений аккомодации глаза человека / В. В. Страхов, Л. А. Минеева, М. А.

- Бузыкин. – Текст: непосредственный // Биомеханика глаза 2007; МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – Москва, 2007. – С. 49–54.
61. Тарутта, Е. П. Комплексное исследование аккомодации при ее недостаточности / Е. П. Тарутта, Н. А. Тарасова. – Текст: непосредственный // Российская педиатрическая офтальмология. – 2013. – № 2. – С. 38–40.
62. Тарутта, Е. П. Новые методы объективной аккомодометрии / Е. П. Тарутта, О. Б. Филинова, Н. А. Тарасова. – Текст: непосредственный // Российская педиатрическая офтальмология. – 2012. – № 1. – С. 45–48. – DOI: 10.17816/гpoj37478.
63. Тарутта, Е. П. Результаты оценки объективных параметров аккомодации при различных условиях предъявления аккомодационного стимула / Е. П. Тарутта, Н. А. Тарасова. – Текст: непосредственный // Современная оптометрия. – 2012. – № 7 (57). – С. 29–31.
64. Тарутта, Е. П. Современные представления о роли аккомодации в рефрактогенезе (Глава 3) / Е. П. Тарутта, Н. В. Ходжабекян, О. Б. Филинова. – Текст: непосредственный // Аккомодация: руководство для врачей / под ред. Л. А. Катаргиной. – Москва: Апрель, 2012. – С. 35–40.
65. Тимошенко, Т. А. Лечение рефракционной амблиопии высокой степени методом когнитивной модуляции остроты зрения в сочетании с электростимуляцией / Т. А. Тимошенко, А. Л. Штилерман. – Текст: электронный // Дальневосточный медицинский журнал. – 2013. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lechenie-refraktsionnoy-ambliopii-vysokoy-stepeni-metodom-kognitivnoy-modulyatsii-ostroty-zreniya-v-sochetanii-s-elektrostimulyatsiey> (дата обращения: 13.03.2022).
66. Традиционные и новые механизмы аккомодации и их классификация / И. Н. Кошиц, О. В. Светлова, М. Б. Эгембердиев, М. Г. Гусева. – Текст:

- непосредственный // Российская детская офтальмология. – 2018. – № 3. – С. 20–36.
67. Фабрикантов, О. Л. Анизометропия и анизометропическая амблиопия (обзор литературы) / О. Л. Фабрикантов, Ю. В. Матросова. – Текст: электронный // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 12–17. – URL: <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-1-12-17> (дата обращения: 12.01.2022).
68. Фабрикантов, О. Л. Особенности состояния аккомодационной функции у детей с анизогиперметропической амблиопией / О. Л. Фабрикантов, Ю. В. Матросова, С. В. Шутова. – Текст: непосредственный // Медицина. – 2018. – № 1. – С. 99–109.
69. Чорный, В. Н. Аккомодация как она есть / В. Н. Чорный. – Текст: электронный // Проблемы науки. – 2017. – № 1 (14). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akkomodatsiya-kak-ona-est> (дата обращения: 06.05.2022).
70. Чупров, А. Д. Комплексное лечение рефракционной амблиопии / А. Д. Чупров, А. Е. Воронина, Е. Л. Борщук. – Текст: электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 1. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30495> (дата обращения: 12.01.2022).
71. Шаповалов, С. Л. Клинико-физиологические особенности абсолютной аккомодации глаз человека и методы ее исследования: специальность 14.00.08 «Глазные болезни»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Шаповалов Скальд Львович; Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца. – Москва, 1978. – 36 с. – Текст: непосредственный.
72. Эллис, В. Успешное хирургическое лечение пресбиопии: есть ли возможность его использования при катаракте и глаукоме? / В. Эллис. – Текст: непосредственный // Офтальмохирургия. – 1999. – № 2. – С. 38–44.

73. A randomized trial comparing Bangerter filters and patching for the treatment of moderate amblyopia in children / Pediatric Eye Disease Investigator Group Writing Committee; R. P. Rutstein, G. E. Quinn, E. L. Lazar [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2009.10.014. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2010. – Vol. 117, № 5. – P. 998–1004.
74. A randomized trial of patching regimens for treatment of moderate amblyopia in children / M. X. Repka, R. W. Beck, J. M. Holmes [et al.]; Pediatric Eye Disease Investigator Group. – DOI 10.1001/archophth.121.5.603. – Text: electronic // *Arch. Ophthalmol.* – 2003. – Vol. 121, № 5. – P. 603–611.
75. Altered functional interactions between neurons in primary visual cortex of macaque monkeys with experimental amblyopia / K. Acar, L. Kiorpes, J. A. Movshon, M. A. Smith. – DOI 10.1152/jn.00232.2019. – Text: electronic // *J. Neurophysiol.* – 2019. – Vol. 122, № 6. – P. 2243–2258.
76. Amblyopia, Strabismus and Refractive Errors in Congenital Ptosis: a systematic review and meta-analysis / Y. Wang, Y. Xu, X. Liu [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-018-26671-3. – Text: electronic // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 8320.
77. Asper, L. Optical treatment of amblyopia: A systematic review and meta-analysis / L. Asper, K. Watt, S. Khuu. – DOI 10.1111/cxo.12657. – Text: electronic // *Clin. Exp.* – 2018. – Vol. 101, № 4. – P. 441–442.
78. Atrata, R. Laser-assisted subepithelial keratectomy and photorefractive keratectomy for the correction of hyperopia. Results of a 2-year follow-up / R. Atrata, J. Rehurek. – DOI 10.1016/s0886-3350(03)00415-2. – Text: electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2003. – Vol. 29, № 11. – P. 2105–2114.
79. Axial growth and changes in lenticular and corneal power during emmetropization in infants / D. O. Mutti, G. L. Mitchell, L. A. Jones [et al.]. – DOI 10.1167/iovs.04-1040. – Text: electronic // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2005. – Vol. 46, № 9. – P. 3074–3080.

80. Barrett, B. T. The relationship between anisometropia and amblyopia / B. T. Barrett, A. Bradley, T. R. Candy. – DOI 10.1016/j.preteyeres.2013.05.001. – Text: electronic // Prog. Retin. Eye Res. – 2013. – Vol. 36. – P. 120–158.
81. Baseline and Clinical Factors Associated with Response to Amblyopia Treatment in a Randomized Clinical Trial / E. E. Birch, R. M. Jost, K. R. Kelly [et al.]. – DOI 10.1097/OPX.0000000000001514. – Text: electronic // Optom. Vis. Sci. – 2020. – Vol. 97, № 5. – P. 316–323.
82. Beasley, I. G. The effect of peripheral defocus on axial growth and modulation of refractive error in hyperopes / I. G. Beasley, L. N. Davies, N. S. Logan. – DOI 10.1111/opo.12951. – Text: electronic // Ophthalmic. Physiol. Opt. – 2022. – Vol. 42, № 3. – P. 534–544.
83. Brown, S. M. Occlusion properties of prosthetic contact lenses for the treatment of amblyopia / S. M. Brown, B. P. VanBuskirk. – DOI 10.1016/j.jaapos.2009.01.004. – Text: electronic // J. AAPOS. – 2009. – Vol. 13, № 2. – P. 221–222.
84. Changes in ciliary muscle thickness during accommodation in children / H. A. Lewis, C.-Y. Kao, L. T. Sinnott, M. D. Bailey. – DOI 10.1097/OPX.0b013e318253de7e. – Text: electronic // Optom. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 89, № 5. – P. 727–737.
85. Chekitaan. The results of treatment of anisomyopic and anisohypermetropic amblyopia / Chekitaan, B. Karthikeyan, S. Meenakshi. – DOI 10.1007/s10792-008-9232-4. – Text: electronic // Int. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 29, № 4. – P. 231–237.
86. Ciliary muscle morphology and accommodative lag in hyperopic anisometropic children / J. Shi, J. Zhao, F. Zhao [et al.]. – DOI 10.1007/s10792-019-01264-9. – Text: electronic // Int. Ophthalmol. – 2020. – Vol. 40, № 4. – P. 917–924.
87. Clifton, M. S. Accommodation: Maddox Components and Accuracy. Chapter 17 / M. S. Clifton. – Text: electronic // Clifton M. S. Oculomotor Functions & Neurology: CD-ROM. – 1997. – URL:

http://schorlab.berkeley.edu/passpro/oculomotor/html/chapter_17.html

(дата обращения: 01.04.2023).

88. Cooper, J. Operant conditioning of fusional convergence ranges using random dot stereograms / J. Cooper, J. Feldman. – DOI 10.1097/00006324-198004000-00002. – Text: electronic // *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* – 1980.– Vol. 57, № 4. – P. 205–213.
89. Deng, L. Anisometropia in Children from Infancy to 15 Years / L. Deng, J. E. Gwiazda. – DOI 10.1167/iovs.11-8727. – Text: electronic // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2012. – Vol. 53, № 7. – P. 3782–3787.
90. Effect of ocular alignment on emmetropization in children <10 years with amblyopia / M. T. Kulp, N. C. Foster, J. M. Holmes [et al.]; Pediatric Eye Disease Investigator Group. – DOI 10.1016/j.ajo.2012.02.035. – Text: electronic // *Am. J. Ophthalmol.* – 2012. – Vol. 154, № 2. – P. 297–302.
91. Effectiveness of Laser Refractive Surgery to Address Anisometropic Amblyogenic Refractive Error in Children: A Report by the American Academy of Ophthalmology / K. M. Cavuoto, M. Y. Chang, G. Heidary [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2022.06.022. – Text: electronic // *Ophthalmology.* – 2022. – Vol. 129, № 11. – P. 1323–1331.
92. Efficacy of vision therapy for unilateral refractive amblyopia in children aged 7–10 years / Y.-C. Hsieh, W.-L. Liao, Y.-Y. Tsai, H.-J. Lin. – DOI 10.1186/s12886-022-02246-9. – Text: electronic // *BMC Ophthalmol.* – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 44.
93. Eustis, H. S. Treatment for amblyopia: Results using occlusive contact lens / H. S. Eustis, D. Chamberlain. – DOI 10.3928/0191-3913-19961101-09. – Text: electronic // *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus.* – 1996. – Vol. 33, № 6. – P. 319–322.
94. Facilitation of amblyopia management by laser in situ keratomileusis in high anisometropic hyperopic and myopic children / Z. Q. Yin, H. Wang, T. Yu [et al.]. – DOI 10.1016/j.jaapos.2007.04.014. – Text: electronic // *J. AAPOS.*– 2007. – Vol. 11, № 6. – P. 571–576.

95. Factors associated with recurrence of amblyopia on cessation of patching / J. M. Holmes, M. Melia, Y. S. Bradfield [et al.]; Pediatric Eye Disease Investigator Group. – DOI 10.1016/j.ophta.2006.11.023. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2007. – Vol. 114, № 8. – P. 1427–1432.
96. Femtosecond Laser-Assisted LASIK in children with Hyperopia and Anisometropic Amblyopia: 7 Years of Follow-up / I. L. Kulikova, N. P. Pashtaev, Ye. N. Batkov [et al.]. – DOI 10.3928/1081597X-20200416-02. – Text: electronic // *J. Refract. Surg.* – 2020. – Vol. 36, № 6. – P. 366–373.
97. Fincham, E. F. The Accommodation Reflex and its Stimulus / E. F. Fincham. – DOI 10.1136/bjo.35.7.381. – Text: electronic // *Br. J. Ophthalmol.* – 1951. – Vol. 35, № 7. – P. 381–393.
98. Fisch, A. Clinical Examination of the Cranial Nerves / A. Fisch. - DOI 10.1016/B978-0-12-410390-0.00016-0. – Text: electronic // *Nerves and Nerve Injuries* / Editor(s): R.S. Tubbs, E. Rizk, M.M. Shoja [et al.]. - Academic Press. - 2015. - P. 195-225.
99. Fledelius, H. C. Juvenile eye growth, when completed? An evaluation based on IOL-Master axial length data, cross-sectional and longitudinal / H. C. Fledelius, A. S. Christensen, C. Fledelius. – DOI 10.1111/aos.12107. – Text: electronic // *Acta. Ophthalmol.* – 2014. – Vol. 92, № 3. – P. 259–264.
100. Gabai, A. Anisometropia / A. Gabai, M. Zeppieri. – Text: electronic // *StatPearls* [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022. – Jan. – [Updated 2022 Jul 14]. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582146/> (дата обращения: 01.04.2023).
101. Gautam, P. Etiopathogenetic patterns of blepharoptosis in Western Nepal: an Overview / P. Gautam, R. Adhikari, B. R. Sharma. – DOI 10.3126/nepjoph.v8i1.16154. – Text: electronic // *Nepal. J. Ophthalmol.* – 2016. – Vol. 8, № 15. – P. 36–40.

102. Ghasia, F. Amblyopia and fixation eye movements / F. Ghasia, J. Wang. – DOI 10.1016/j.jns.2022.120373. – Text: electronic // J. Neurol. Sci. – 2022.– Vol. 441. – P. 120373.
103. Global and regional estimates of prevalence of amblyopia: A systematic review and meta-analysis / H. Hashemi, R. Pakzad MSc, A. Yekta [et al.].– DOI 10.1080/09273972.2018.1500618. – Text: electronic // Strabismus. – 2018. – Vol. 26, № 4. – P. 168–183.
104. Gullstrand, A. How I found the mechanism of intracapsular accommodation: Nobel Lecture / A. Gullstrand. – 1911. – Text: electronic.– URL: <http://nobelprize.org/medicine/laureates/1911/gullstrand-lecture.pdf> (дата обращения: 19.02.2022).
105. Heath, G. G. Components of accommodation / G. G. Heath. – DOI 10.1097/00006324-195611000-00001. – Text: electronic // Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom. – 1956. – Vol. 33, № 11. – P. 569–579.
106. Helmholtz, H. Ueber die Accommodation des Auges / H. Helmholtz. – Text: immediate // Albrecht von Grefe's Arch. Ophthalmol. – 1855. – Vol. 1. – P. 1–89.
107. Heron, G. Dynamics of the accommodation response to abrupt changes in target vergence as a function of age / G. Heron, W. N. Charman, C. Schor. – DOI 10.1016/s0042-6989(00)00282-0. – Text: electronic // Vision Res. – 2001. – Vol. 41, № 4. – P. 507–519.
108. Hoh, H. Versorgung einseitiger Refraktionsfehler mit Kontaktlinsen [Management of unilateral refractive errors with contact lenses] / H. Höh.– Text: immediate // Fortschr. Ophthalmol. – 1989. – Vol. 86, № 1. – P. 64–66. – German. PMID: 2722103.
109. Hyperopia: a meta-analysis of prevalence and a review of associated factors among school-aged children / V. D. Castagno, A. G. Fassa, M. L. V. Carret [et al.]. – DOI 10.1186/1471-2415-14-163. – Text: electronic // BMC Ophthalmol. – 2014. – Vol. 14. – P. 163.

110. Impact of large angle horizontal strabismus on ability to obtain employment / D. K. Coats, E. A. Paysse, A. J. Towler, R. L. Dipboye. – DOI 10.1016/s0161-6420(99)00035-4. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2000. – Vol. 107, № 2. – P. 402–405.
111. Laser-assisted subepithelial keratectomy for anisometric amblyopia in children: outcomes at 1 year / W. F. Astle, J. Rahmat, A. D. Ingram P. T. Huang. – DOI 10.1016/j.jcrs.2007.07.024. – Text: electronic // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2017. – Vol. 33, № 12. – P. 2028–2034.
112. Levi, D. M. Rethinking amblyopia 2020 / D. M. Levi. – DOI 10.1016/j.visres.2020.07.014. – Text: electronic // *Vision. Res.* – 2020. – Vol. 176. – P. 118–129.
113. Long-term outcomes of photorefractive keratectomy for anisometric amblyopia in children / E. A. Paysse, D. K. Coats, M. A. W. Hussein [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtha.2005.06.010. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2006. – Vol. 113, № 2. – P. 169–176.
114. Morgan, M. W. The Maddox classification of vergence eye movements / M. W. Morgan. – DOI 10.1097/00006324-198009000-00003. – Text: electronic // *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* – 1980. – Vol. 57, № 9. – P. 537–539.
115. Mutti, D. O. To emmetropize or not to emmetropize? The question for hyperopic development / D. O. Mutti. – DOI 10.1097/OPX.0b013e318031b079. – Text: electronic // *Optom. Vis. Sci.* – 2007. – Vol. 84, № 2. – P. 97–102.
116. Objective measurement of accommodation function using an autorefractometer / H. Goto, C. Van de Pol, S. Kaupp [et al.]. – DOI 10.1167/5.12.63. – Text: electronic // *J. Vision*. – 2010. – Vol. 5, № 12. – P. 63.
117. Observations on the relationship between anisometropia, amblyopia and strabismus / E. L. Smith 3rd, L.-F. Hung, B. Arumugam [et al.]. – DOI

- 10.1016/j.visres.2017.03.004. – Text: electronic // *Vision. Res.* – 2017. – Vol. 134. – P. 26–42.
118. Occlusion properties of prosthetic contact lenses for the treatment of amblyopia / R. S. Collins, M. E. McChesney, C. A. McCluer, M. P. Schatz. – DOI 10.1016/j.jaapos.2008.04.008. – Text: electronic // *J. AAPOS.* – 2008. – Vol. 12, № 6. – P. 565–568.
119. O'Connor, A. Hypermetropia in childhood: a review of research relating to clinical management / A. O'Connor. – DOI 10.22599/bioj.223. – Text: electronic // *British and Irish Orthoptic J.* – 2008. – Vol. 5. – P. 15–21.
120. Optical Treatment of Strabismic and Combined Strabismic-Anisometric Amblyopia / Writing Committee for the Pediatric Eye Disease Investigator Group; S. A. Cotter, N. C. Foster, J. M. Holmes [et al.] – DOI 10.1016/j.optha.2011.06.043. – Text: electronic // *Ophthalmology.* – 2012. – Vol. 119, № 1. – P. 150–158.
121. Oveneri-Ogbomo, G. O. Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions / G. O. Oveneri-Ogbomo, O. A. Oduntan. – DOI 10.4102/aveh.v74i1.28. – Text: electronic // *Afr. Vision. Eye Health.* – 2015. – Vol. 74, № 1.
122. Park, K. H. Efficacy of amblyopia therapy initiated after 9 years of age / K. H. Park, J.-M. Hwang, J. K. Ahn. – DOI 10.1038/sj.eye.6700671. – Text: electronic // *Eye (Lond).* – 2004. – Vol. 18, № 6. – P. 571–574.
123. Patel, K. Ptosis / K. Patel, S. Carballo, L. Thompson. – DOI 10.1016/j.disamonth.2016.10.004. – Text: electronic // *Dis. Mon.* – 2017. – Vol. 63, № 3. – P. 74–79.
124. Paysse, E. A. Refractive surgery in children: is it ready for prime time? / E. A. Paysse. – DOI 10.3368/aoj.57.1.79. – Text: electronic // *Am. Orthopt. J.* – 2007. – Vol. 57. – P. 79–88.
125. Prevalence of Hyperopia and Associations with Eye Findings in 6- and 12-Year-Olds / J. M. Ip, D. Robaei, A. Kifley [et al.]. – DOI

- 10.1016/j.ophtla.2007.04.061. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2008. – Vol. 115, № 4. – P. 678–685.
126. Prevalence, Characteristics, and Risk Factors of Moderate or High Hyperopia among Multiethnic Children 6 to 72 Months of Age: A Pooled Analysis of Individual Participant Data / X. Jiang, K. Tarczy-Hornoch, D. Stram [et al.]. – DOI 10.1016/j.ophtla.2019.02.021. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2019. – Vol. 126, № 7. – P. 989–999.
127. Qian, Y. Safety and efficacy of PRK and LASIK in pediatric patients / Y. Qian, R. Pineda. – DOI 10.1097/IIO.0b013e31816923d9. – Text: electronic // *Int. Ophthalmol. Clin.* – 2008. – Vol. 48, № 2. – P. 193–208.
128. Qurrah TI. Vision and perception. Obiekan Publishing House, Riyadh, Saudi Arabia, 1991.
129. Refractive adaptation in amblyopia: quantification of effect and implications for practice / C. E. Stewart, M. J. Moseley, A. R. Fielder [et al.]. – DOI 10.1136/bjo.2004.044214. – Text: electronic // *Br. J. Ophthalmol.* – 2004. – Vol. 88, № 12. – P. 1552–1556.
130. Refractive Disorders in Children / L. B. Galea-Holhoş, M. Coroi, T. Holhos [et al.]. – DOI 10.37897/RJP.2021.1.1. – Text: electronic // *Romanian J. Pediatrics*. – 2021. – Vol. 70, № 1. – P. 5–9.
131. Refractive Surgery in Children: Treatment Options, Outcomes, and Controversies / Y. J. Daoud, A. Hutchinson, D. K. Wallace [et al.]. – DOI 10.1016/j.ajo.2008.12.028. – Text: electronic // *Am. J. Ophthalmol.* – 2009. – Vol. 147, № 4. – P. 573–582.
132. Relationship between Reduced Accommodative Lag and Myopia Progression / N. Y. Koomson, A. O. Amedo, C. Opoku-Baah [et al.]. – DOI 10.1097/OPX.0000000000000867. – Text: electronic // *Optom. Vis. Sci.* – 2016. – Vol. 93, № 7. – P. 683–691.
133. Rutstein, R. P. Contemporary issues in amblyopia treatment / R. P. Rutstein. – DOI 10.1016/j.optm.2005.08.017. – Text: electronic // *Optometry*. – 2005. – Vol. 76, № 10. – P. 570–578.

134. Schachar, R. A. Mathematic proof of Schachar's hypothesis of accomodation / R. A. Schachar, T. Huang, X. Huang. – Text: immediate // Ann. Ophthalmol. – 1993. – Vol. 25, № 1. – P. 5–9.
135. Schachar, R. A. Zonular Function: A new hypothesis with clinical implications / R. A. Schachar. – Text: immediate // Ann. Ophthalmol. – 1994. – Vol. 26, № 2. – P. 36–38.
136. Shukla, Y. Accommodative anomalies in children / Y. Shukla. – DOI 10.4103/ijo.IJO_1973_18. – Text: electronic // Indian J. Ophthalmol. – 2020. – Vol. 68, № 8. – P. 1520–1525.
137. Singh, D. Photorefractive keratectomy in pediatric patients / D. Singh. – DOI 10.1016/s0886-3350(13)80558-5. – Text: electronic // J. Cataract. Refract. Surg. – 1995. – Vol. 21, № 6. – P. 630–632.
138. Solebo, A. L. Whole-population vision screening in children aged 4–5 years to detect amblyopia / A. L. Solebo, P. M. Cumberland, J. S. Rahi. – DOI 10.1016/S0140-6736(14)60522-5. – Text: electronic – 2015. – Vol. 385, № 9984. – P. 2308–2319.
139. Stahl, E. D. Pediatric Refractive Surgery: A 2015 Perspective / E. D. Stahl. – Text: immediate // Mo Med. – 2015. – Vol. 112, № 3. – P. 218–222.
140. Tafaghodi Yousefi S. Pediatric photorefractive keratectomy for anisometropic amblyopia: a review / S. Tafaghodi Yousefi, M. Etehad Razavi, A. Eslampour. – Text: immediate // Rev Clin Med. – 2014. – Vol.1, № 4. P. 211–217.
141. Tan, J. H. Y. Differences in the management of amblyopia between European countries / J. H. Y. Tan, J. R. Thompson, I. Gottlob. – DOI 10.1136/bjo.87.3.291. – Text: electronic // Br. J. Ophthalmol. – 2003. – Vol. 87, № 3. – P. 291–296.
142. Texier, F. L. Generalization of the Tscherning theory: optimization of aspheric ophthalmic lenses / F. L. Texier, W. Lenne, J. L. Mercier. – DOI 10.1111/j.1475-1313.1987.tb00993.x. – Text: electronic // Ophthalmic. Physiol. Opt. – 1987. – Vol. 7, № 1. – P. 63–72.

143. Thamer, S. Safety and Efficacy of Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy (LASEK) to treat Amblyopia: [ASCRS Presentation 2022] / S. Thamer, J. Ayash, M. Riehl. – Text: electronic. – URL: <https://parkavenuelasek.com/wp-content/uploads/2022/01/Amblyopia-paper.pdf> (дата обращения: 13.01.2023).
144. The sensitive period for strabismic amblyopia in humans / M. Epelbaum, C. Milleret, P. Buisseret, J. L. Dufier. – DOI 10.1016/s0161-6420(13)32170-8. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – Vol. 100, № 3. – P. 323–327.
145. The status of childhood blindness and functional low vision in the Eastern Mediterranean region in 2012 / R. Khandekar, H. Kishore, R. M. Mansu, H. Awan. – DOI 10.4103/0974-9233.142273. – Text: electronic // *Middle East. Afr. J. Ophthalmol.* – 2014. – Vol. 21, № 4. – P. 336–343.
146. Toor, S. The impact of asymmetrical accommodation on anisometric amblyopia treatment outcomes / S. Toor, A. Horwood, P. Riddell. – DOI 10.1016/j.jaapos.2019.05.010. – Text: electronic // *J. AAPOS*. – 2019. – Vol. 23, № 4. – P. 203.
147. Topographic and biomechanical differences between hyperopic and myopic laser in situ keratomileusis / M. A. Qazi, C. J. Roberts, A. M. Mahmoud, J. S. Pepose. – DOI 10.1016/j.jcrs.2004.10.043 – Text: electronic // *J. Cataract Refract. Surg.* – 2005. – Vol. 31, № 1. – P. 48–60.
148. Treatment of Anisometric Amblyopia in Children with Refractive Correction / S. A. Cotter; Pediatric Eye Disease Investigator Group; A. R. Edwards [et al.]. – DOI 10.1016/j.optha.2006.01.068. – Text: electronic // *Ophthalmology*. – 2006. – Vol. 113, № 6. – P. 895–903.
149. Treatment of bilateral refractive amblyopia in children three to less than 10 years of age / D. K. Wallace, D. L. Chandler, R. W. Beck [et al.]. – DOI 10.1016/j.ajo.2007.05.040. – Text: electronic // *Am. J. Ophthalmol.* – Vol. 144, № 4. – P. 487–496.

150. Treatment of severe amblyopia with weekend atropine: results from 2 randomized clinical trials / M. X. Repka, R. T. Kraker, R. W. Beck [et al.]; Pediatric Eye Disease Investigator Group. – DOI 10.1016/j.jaapos.2009.03.002. – Text: electronic // J. AAPOS. – 2009. – Vol. 13, № 3. – P. 258–263.
151. Tychsen, L. Correction of large amblyopiogenic refractive errors in children using the excimer laser / L. Tychsen, E. Packwood, G. Berdy. – DOI 10.1016/j.jaapos.2005.01.006. – Text: electronic // J. AAPOS. – 2005. – Vol. 9, № 3. – P. 224–233.
152. Weeber, H. A. A finite elements model of accommodation; first results / H. A. Weeber. – Text: immediate // Vision Science and Its Applications, Technical Digest. – 1999. – P.114–116.
153. Weeber, H. A. Internal deformation of the human crystalline lens during accommodation / H. A. Weeber, R. G. L. van der Heijde. – DOI 10.1111/j.1600-0420.2007.01116.x. – Text: electronic // Acta. Ophthalmol. – 2008. – Vol. 86, № 6. – P. 642–647.
154. Wilson, R. S. Infrared video photographic analysis of the lens-zonular-ciliary space (hannover) in human accommodation / R. S. Wilson, L. M. Merlin. – Text: immediate // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1998. – Vol. 38(suppl.). – S. 312.
155. Yan, J. [The deterioration of refractive accommodative esotropia] / J. Yan, S. Yang, Y. Wang. – Text: immediate // Zhonghua Yan Ke Za Zhi. – 1995. – Vol. 31, № 5. – P. 352–355. – Chinese. PMID: 8706583.