

ФГБУ «Иркутский филиал МНТК «МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» имени
академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия
последипломного образования» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

На правах рукописи

СЕЛИВЕРСТОВА НАТАЛИЯ НИКОЛАЕВНА

**Патогенетическое обоснование принципов лечения пресбиопии
у пациентов с миопической рефракцией**

14.03.03 – патологическая физиология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель –
заслуженный врач РФ,
доктор медицинских наук,
профессор А.Г. Щуко

Иркутск – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. Современные представления о механизмах развития пресбиопии, методах ее коррекции у пациентов с миопической рефракцией (обзор литературы).....	10
1.1.Эпидемиология, теории патогенеза пресбиопии.....	10
1.2. Миопическая рефракция и пресбиопия	15
1.3. Методы коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией	С.24
ГЛАВА 2. Клиническая характеристика обследуемых пациентов. Методы исследования и лечения.....	32
2.1. Общая характеристика обследуемых лиц.....	32
2.2. Методы обследования офтальмологического статуса.....	36
2.3. Методы лечения	44
2.4. Статистическая обработка результатов.....	47
ГЛАВА 3. Закономерности и механизмы структурно-функциональных изменений зрительной системы у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии.....	48
3.1.Структурные изменения зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии.....	49
3.1.1. Изменение анатомических параметров глаза у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии.....	49
3.1.2. Изменение офтальмотонуса у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии.....	53
3.1.3. Изменение параметров оптической системы у пациентов с миопической рефракцией при формировании	

пресбиопии.....	54
3.2. Изменение функционального состояния зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии.....	57
3.2.1. Изменение зрительных функций у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии в условиях монокулярной деятельности зрительной системы.....	57
3.2.2 Изменение бинокулярного взаимодействия у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии.....	62
3.3. Выявление механизмов формирования пресбиопии у пациентов с осевой неосложненной миопией с помощью многомерного статистического анализа.....	66
ГЛАВА 4. Патогенетическое обоснование системы функциональной реабилитации пациентов с миопией и пресбиопией.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
ВЫВОДЫ.....	101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БОЗ	бинокулярная острота зрения
БТЯЗ	ближайшая точка ясного зрения
ВГД	внутриглазное давление
ДЦС	длина передней порции цинновой связки
ДТЦО	дистанция «трабекула-цилиарные отростки»
ЗВП	зрительные вызванные потенциалы
ЗОА	запас относительной аккомодации
КЛО	коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости
КЧСМ	критическая частота слияния мельканий
МКЛ	мультифокальная контактная линза
МКК	мультифокальная контактная коррекция
МОЗ	монокулярная острота зрения
ОА	оптическая аберрация
ОПК	объем передней камеры
ПЗО	длина переднезадней оси глаза
ПКЧ	пространственная контрастная чувствительность
ТЦТ	толщина цилиарного тела
УТР	угол примыкания «трабекула–радужка»
ЭРГ	электроретинография

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Близорукость является одной из преобладающих рефракционных патологий, ее частота в популяции составляет от 50 до 70% [7]. Структурно-функциональное состояние зрительной системы при миопии имеет свои особенности, как со стороны анатомических параметров глазного яблока, так и со стороны характеристик зрительного восприятия.

С возрастом дефекты зрительного восприятия у пациентов с миопической рефракцией, характеризующиеся низкой остротой зрения вдаль, усугубляются снижением аккомодационной способности. То есть, развитие пресбиопии усложняет исходные рефракционные нарушения и привычная оптическая коррекция зрения становится неадекватной [206, 239].

Современные методы коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией основаны на принципе гипокоррекции, анизокоррекции, мультифокальности. Модель гипокоррекции часто сопровождается неудовлетворенностью пациентов зрительными функциями как вдаль, так и вблизи, тогда как использование принципа анизокоррекции связано с риском развития синдрома монофиксации [281], оказывающего негативное влияние на процессы сенсорной рецепции. Попытки компенсации утраченной аккомодации за счет создания мультифокальной оптической системы наталкиваются на трудности приспособления пациентов к новым условиям деятельности зрительного анализатора [110, 118, 204, 245, 249]. Пациенты предъявляют многочисленные астенопические жалобы, что обусловлено неудовлетворённостью полученным качеством зрения. Ключевым подходом лечебного процесса в настоящее время является метод проб и ошибок [168], в то время как целостная система зрительной реабилитации пациентов с пресбиопией в условиях миопической рефракции отсутствует. Именно поэтому раскрытие механизмов формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией и разработка патогенетически обоснованных методов коррекции имеют важное значение для патологической физиологии и офтальмологии.

В целом, это и определило основную **цель работы**: выяснить закономерности структурно-функциональных изменений зрительной системы при формировании пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, и на этой основе разработать патогенетически обоснованные принципы лечения.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Исследовать структурно-функциональное состояние зрительной системы у молодых лиц с миопией и у пациентов с пресбиопией в условиях миопической рефракции.
2. На основе сравнительного анализа полученных результатов исследования пациентов с миопией в молодом возрасте и с пресбиопией выявить неизвестные ранее закономерности развития пресбиопии.
3. Разработать концептуальную схему включения патогенетических механизмов формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией.
4. Выявить закономерности изменения зрительных функций у пациентов с миопической рефракцией и пресбиопией после мультифокальной контактной коррекции зрения.
5. Раскрыть закономерности изменения разрешающей способности глаза и бинокулярных функций у пациентов с миопической рефракцией и пресбиопией после мультифокальной контактной коррекции и последующего диплоптического лечения.

Научная новизна работы. Доказано, что в условиях миопической рефракции развитие пресбиопии сопровождается усугублением исходной межмеридиональной асимметрии иридо-цилиарно-трабекулярной зоны, повышением тонуса зрачкового сфинктера при скотопическом освещении, снижением диапазона максимального зрачкового ответа при изменении ретинальной освещённости, а также уменьшением пределов диспаратной фузии на среднем расстоянии.

На основании проведённых исследований разработана концептуальная схема включения патогенетических механизмов формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией.

Установлено, что мультифокальная асферическая контактная коррекция у пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией, несмотря на компенсацию рефракционных и аккомодационных нарушений, ведёт не только к снижению контрастной чувствительности, но и к уменьшению патентного стереопсиса при сохранении дефицита сингулярного видения в зоне Панума.

Приоритетными являются данные о том, что диплоптическое лечение у пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией в условиях мультифокальной контактной коррекции ведёт к снижению шума дискретизации видимого изображения, повышению разрешающей способности глаза вдаль, вблизи и на промежуточном расстоянии, а также к существенному улучшению фузионной способности и глубинного зрения.

Практическая значимость работы. Асферическая мультифокальная контактная коррекция зрения в комплексе с бинариметрией, обладая патогенетически направленным действием, эффективно улучшает качество зрения и качество жизни в целом у пациентов с пресбиопией, сформировавшейся в условиях миопической рефракции.

Разработан алгоритм лечения пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией, включающий мультифокальную контактную коррекцию и последующее диплоптическое лечение (на основе оригинального «Способа улучшения зрительных функций» (положительное решение по заявке на патент РФ № 2013130337 (045268) приоритет от 04.07.2013г.).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Важным звеном патогенеза пресбиопии, возникшей в условиях миопической рефракции, является уменьшение диспаратной фузии на

среднем расстоянии и способности глаза к динамической регуляции светового потока при изменении освещённости, что в сочетании с утратой эластичности хрусталика ведет к дизрегуляции синкинетического рефлекса на приближение и усугублению ретинального дефокуса.

2. Мультифокальная контактная коррекция пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, компенсируя рефракционные и аккомодационные нарушения, вызывает ухудшение зрительного восприятия в зоне высоких пространственных частот, отрицательно влияет на глубинное зрение и не устраняет недостаточность диспаратного фузионного рефлекса на среднем расстоянии.

3. Динамика восстановления показателей визоконтрастометрии, визометрии, стереозрения и диспаратной фузии доказывает патогенетическую направленность проведения бинариметрии совместно с мультифокальной контактной коррекцией у пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией.

Апробация работы. Материалы работы представлены и обсуждены на II Межрегиональной научно-практической конференции молодых учёных «Человек: здоровье и экология» (Иркутск, 2011); VII Всероссийской научной конференции молодых учёных «Актуальные проблемы офтальмологии» в рамках всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фёдоровские чтения – 2012» (Москва, 2012); III Международном симпозиуме РАМН «Осенние рефракционные чтения. Миопия: болезнь или нарушение рефракции?» (Москва 2012).

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры патологической физиологии с курсом клинической иммунологии ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, кафедры глазных болезней ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, раздел «оптика». Разработанный алгоритм лечения, включающий мультифокальную

контактную коррекцию зрения и курсовое лечение на бинариметре, внедрён в клиническую практику Иркутского филиала ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 7 в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки РФ для публикации основных научных результатов диссертационных работ.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит введение, обзор литературы, описание методов исследования и клиническую характеристику больных, две главы результатов собственного исследования и их обсуждение, заключение, выводы. Текст диссертации иллюстрирован 21 рисунком и 10 таблицами. Указатель литературы содержит 292 работы (139 отечественных и 153 иностранных источников).

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ РАЗВИТИЯ ПРЕСБИОПИИ, МЕТОДАХ ЕЁ КОРРЕКЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С МИОПИЧЕСКОЙ РЕФРАКЦИЕЙ

1.1. Эпидемиология, теории патогенеза пресбиопии

Как известно, под пресбиопией понимается состояние зрительного анализатора, при котором происходит снижение объема или величины аккомодации, развивающееся с возрастом, сопровождаемое сдвигом ближайшей точки ясного зрения и проявляющееся ухудшением зрения вблизи. Термин «пресбиопия» (*presbyopia* от греч. *presbys* – старик и *opsis* – зрение) – старческое зрение встречается еще в сочинениях Аристотеля. Понятия «старческая дальнозоркость» и «дальнозоркость» (гиперметропия), согласно Stellvag и Garion, (1855) стали различать свыше 150 лет назад [7, 103, 178].

С основным симптомом некорригированной пресбиопии - затруднения при рассматривании мелких и средних объектов на близком расстоянии сталкивается каждый человек рано или поздно во всех популяциях. В связи с этим состояние пресбиопии можно рассматривать как общечеловеческую проблему, которую пытается решить всё мировое сообщество. Учитывая тот факт, что первые проявления возрастного угасания функции аккомодации начинаются в работоспособном, активном возрасте 40-45 лет и продолжаются в среднем до 60 лет [7, 47, 101, 112, 113, 114, 103, 251], то исследования данного состояния приобретает особое значение. Возрастное ухудшение зрения – проблема, чрезвычайно распространенная во всем мире, имеющая особенное значение в экономически развитых странах, где постоянное увеличение численности населения среднего и старшего возраста, как следствие старения человеческой популяции, приводит к увеличению удельного веса пресбиопии в целом. Распространенность пресбиопии среди

населения в развитых странах достигает 35-40% [24, 47, 65, 140, 201, 257]. Необходимо учитывать факт, что население развитых стран в данной возрастной категории - это лица интеллектуального труда со значительной степенью зрительных нагрузок на близком расстоянии и высокими требованиями к качеству зрения на всех расстояниях. Однако в развивающихся странах проблема пресбиопии также имеет большее значение, в связи с тем, что 94% индивидуумов с явлениями пресбиопии не пользуются какой-либо оптической коррекцией для улучшения качества зрения [254].

В мире насчитывается более 2 миллиардов человек с пресбиопией по данным ВОЗ. Подсчитано, что 1040 000 000 людей во всем мире с пресбиопией числилось в 2005 году [123]. При этом 517 миллионов лиц с пресбиопией не используют оптическую коррекцию или имеют очки, недостаточно корригирующие пресбиопию, 410 миллионов лиц в связи с этим испытывают трудности при выполнении необходимых зрительных задач. Нарушения зрения, связанные с некорригированной пресбиопией, существуют преимущественно у 94% населения в развивающихся странах [194]. Ожидается, что к 2025г. в мире будет насчитываться 2,5 млрд человек старше 45 лет с явлениями пресбиопии [121, 144].

Проблема пресбиопии приобретает особое значение на фоне всеобщего старения населения земного шара, в связи с уменьшением рождаемости и увеличением продолжительности жизни человека. Средний возраст населения увеличился с 34,1 года в 1971 году до 38,2 года в 2002 году, ожидается, что к 2031 году он вырастет до 43,3 года [79].

Несмотря на глобальность проблемы, на интенсивные и многочисленные исследования в этой области, механизм формирования пресбиопии остаётся недостаточно ясным [197, 201]. Более того, на сегодняшний день не существует единой терминологии, отражающей сути происходящего процесса, связанного с возрастным снижением зрения вблизи. Термин «старческая дальнозоркость» нельзя признать удачным, поскольку по

механизму и клиническим проявлениям пресбиопия отличается от гиперметропии. Б.Л. Радзиховский в 1965 году предложил определение «возрастная недостаточность аккомодации», однако и этот термин общепринятым не стал.

Первое описание возрастного снижения объема абсолютной аккомодации было дано голландским биологом F.C. Donders в 1864 году [172]. Благодаря последующим глубоким исследовательским работам, проведенным в начале XX столетия А. Duane [173, 174], были установлены с высокой точностью пределы аккомодации для различных возрастных групп. В последующем было выявлено, что нарушения аккомодации у лиц пожилого и старческого возраста обусловлены, главным образом, возрастными изменениями хрусталика, связанными в основном с особенностями его роста и биохимическими сдвигами [101, 103, 185, 189, 190, 191, 192, 193, 256].

В результате непрерывного роста хрусталика, продолжающегося в течение всей жизни, постепенно увеличиваются его размер и вес. Хрусталиковые волокна образуются за счет деления клеток однослойного эпителия, расположенного на внутренней поверхности передней капсулы хрусталика. Одновременно происходит процесс постоянного уплотнения ядра хрусталика, за счет чего существенно меняется его консистенция, особенно в центральной части хрусталика, тем самым уменьшается его эластичность. Кроме того, с возрастом происходят дегенеративные изменения и в цинновой связке. По данным исследований E.F. Finsham [182, 183].при ослаблении зональных волокон капсула хрусталика оказывает меньшее воздействие на склерозированное вещество хрусталика в процессе аккомодации. Таким образом, с возрастом хрусталик становится более плотным, постепенно утрачивает способность адекватно менять свою форму при фокусировке зрения вблизи, т.е. происходит физиологическое ослабление объема абсолютной аккомодации. Указанные изменения лежат в основе одной из двух основополагающих теорий развития пресбиопии – *лентиккулярной*

теории, базирующейся на представлениях Н.von Helmholtz.,1855; [143, 175, 200, 285].

Согласно *экстралентиккулярной теории* развития пресбиопии первичными при формировании пресбиопии являются изменения в цилиарной мышце. С возрастом происходит снижение сократительной способности цилиарной мышцы за счет склероза её задней части, атрофии продольной и радиальной её частей и утолщения циркулярной части мышцы [174, 179, 182, 183, 185, 274]. Суть дистрофических изменений в цилиарной мышце, которые медленно прогрессируют, состоит в прекращении образования мышечных волокон, замещении их соединительной тканью и жировой дегенерации. Постепенно цилиарная мышца теряет своё типичное строение. Ослабление сократительной способности цилиарной мышцы играет определённую роль в возрастном уменьшении объема аккомодации. Однако несомненным является то, что превалирующей причиной явлений пресбиопии является уплотнение вещества хрусталика и утрата им эластичности. Таким образом, первоначально проблема пресбиопии рассматривалась как изолированное возрастное снижение аккомодации, обусловленное снижением эластичности хрусталика и изменением его подвешивающего аппарата.

Помимо общепризнанных взглядов на развитие пресбиопии существуют теории, требующие экспериментального подтверждения для определения их роли в развитии пресбиопии. К ним относятся: *геометрическая теория, дезаккомодационная теория, теория Шахара.*

По мнению авторов *геометрической теории* Koretz J.F., Persionek B.K. Weale R.A. (1995) на основании выводов ученых Farnsworth P.N., Farnsworth S.E. Shane (1979) сделали вывод о смещении с возрастом передних зонулярных волокон к экватору, с одновременным увеличением толщины хрусталика, в результате чего происходит уменьшение угла их прикрепления на передней поверхности хрусталика, и, как следствие, снижается влияние

зонулярных волокон на процесс аккомодации. Однако экспериментально доказательств данной теории получено не было.

Согласно результатам исследования L.S. Vito, O.C. Miranda (1989), авторов *дезаккомодационной теории*, зонулярные волокна удерживают стареющий хрусталик в неаккомодационном положении с целью предотвращения миопизации, как того следует ожидать из-за изменения преломляющего индекса хрусталика с возрастом. Однако в дальнейших исследованиях [189, 191] экспериментального подтверждения этой теории не последовало.

Принципиальное отличие от официально принятой и описанной теории аккомодации Г. Гельмгольца имеет *теория Шахара* [270, 271]. Данная теория основана на том, что аккомодация - это процесс с односторонней направленностью, при котором при приближении рассматриваемого предмета происходит сокращение и натяжение цилиарной мышцы, сопровождающееся повышением напряжения в экваториальной зоне хрусталика. Это приводит к его уплощению по периферии и вторичному увеличению кривизны передней и задней поверхности в центре. Хрусталик становится более выпуклым в центре и более плоским по периферии. Стабилизация хрусталика во время аккомодации происходит за счет сокращения только волокон экваториальной зоны хрусталика, в то время как передние и задние зонулярные волокна при аккомодации расслабляются. По мнению автора к 45 годам увеличение хрусталика по экватору уменьшает расстояние между хрусталиком и цилиарным телом. Происходит расслабление зонулярных волокон, что, в свою очередь, ограничивает способность цилиарной мышцы воздействовать на цинновые связки. Однако дальнейшие исследования [190, 193] показывают, что при аккомодации диаметр хрусталика уменьшается за счет смещения экватора хрусталика от склеры, согласно теории Г. Гельмгольца.

Кроме того, существуют и иные многофакторные теории развития пресбиопии, в которых рассматриваются биохимические, генетические и биофизические причины возрастного снижения зрения вблизи [285].

В последние годы взгляды на патогенез формирования пресбиопии претерпевают существенные изменения. По мнению В.В. Вита [31], потенциально значимыми механизмами в развитии пресбиопии должны рассматриваться не только изменения хрусталика, цинновой связки, цилиарного тела, но и значительные сдвиги в механических свойствах многих структур глазного яблока. Согласно *визио-динамической теории* А.М. Hipsley [203] при помощи биомеханической модели пресбиопия оценивается, как «старческая болезнь», при которой страдают все структуры глаза (гипотеза биомеханической дисфункции, склеро-компрессионная гипотеза).

Наибольшее количество научных работ в области изучения механизмов пресбиопии связано с исследованием этого процесса у лиц с эмметропической рефракцией [7, 6, 12, 37, 52, 53, 55, 56, 80, 81, 82, 85, 88, 94, 96, 107, 109, 118, 122, 152, 158, 159, 163, 175, 179, 189, 197, 198, 207, 208, 209, 213, 217, 221, 222, 237, 250, 258, 259, 274, 275].

Вместе с этим, формирование пресбиопии у пациентов с различными видами рефракции должно иметь особенности, которые, однако, практически не исследованы. Закономерности изменений внутрисистемных структурно-функциональных взаимоотношений зрительного анализатора при формировании пресбиопии при аметропии остаются до конца не изученными.

1.2. Миопическая рефракция и пресбиопия

Известно, что преобладающим рефракционным нарушением во всех популяциях среди аномалий рефракции является близорукость. По данным Э. С. Аветисова [7] миопия встречается более чем у 50% взрослых людей, а в отдельных популяциях - в 70%. Распространенность миопии в различных популяциях составляет от 30 до 90%. По данным ВОЗ число людей, страдающих миопией, огромно, особенно в развитых странах (от 19 до 42%). В настоящее время в мире насчитывается около 1 млрд. людей с миопической

рефракцией [30]. Только в России насчитывается около 15 млн. близоруких людей [79].

Структурно-функциональное состояние зрительной системы при миопии имеет свои особенности, как со стороны анатомических параметров глазного яблока, так и со стороны характеристик зрительного восприятия.

По своей структуре миопия неоднородна [5, 30, 44, 77, 166]. Исходя из причин, определяющих нахождение главного фокуса оптической системы глаза перед сетчаткой, выделяют следующие виды миопии:

- 1) осевая - преломляющая сила оптики глаза находится в пределах нормальных величин, но переднезадний размер его больше, чем в эметропическом глазу. Частота выявления при миопии от 6,5 до 22,0 дптр составляет 68%;
- 2) рефракционная - переднезадний размер глаза находится в пределах нормальных величин, а преломляющая сила больше, чем в эметропическом глазу;
- 3) смешанная - преломляющая сила глаза и его переднезадний размер больше, чем в эметропическом глазу;
- 4) комбинированная - преломляющая сила глаза и его переднезадний размер не выходят за пределы величин, присущих эметропическому глазу, но взаимная комбинация их иная, чем при эметропии.

При близорукости наблюдается изменение как анатомических, так и функциональных параметров зрительной системы [15, 16, 34, 45, 61, 68, 97, 133, 195, 212, 265, 290]. Изучение показало, что при миопии отмечается изменение многих параметров зрительной системы – аккомодации, фузионных резервов, настройки на резкость, снижение монокулярной и бинокулярной остроты зрения, то есть присутствуют дефекты в функциональной системе бинокулярного зрения [17, 39, 66, 97, 102, 128, 264].

На сегодняшний день существует трехфакторная теория патогенеза миопии, получившая всемирное признание [5, 7]. Эта теория выделяет три основных звена в механизме развития миопии: 1) слабость цилиарной

мышцы, ослабленная аккомодация в результате работы на близком расстоянии; 2) ослабление прочностных свойств склеры и ее растяжение под влиянием внутриглазного давления; 3) генетически обусловленная предрасположенность.

Звенья патогенеза миопии сложно взаимодействуют между собой. Фундаментальные клинико-экспериментальные исследования свидетельствуют о наличии тесной взаимосвязи ослабленной аккомодационной функции с развитием близорукости [111, 284, 187, 73, 45]. Как было доказано, по мере усиления миопии происходит уменьшение объёма аккомодации, обусловленное снижением сократительной способности цилиарной мышцы.

Важную роль в развитии близорукости играют биомеханические, биохимические и морфологические свойства склеры [3, 9, 60, 61, 62, 68, 125, 186, 267, 289]. В склере близоруких людей происходят дистрофические и структурные изменения [73, 131]. При этом деструктивные изменения коллагенового каркаса склеры в виде расщепления фибрилл на субфибриллы выявляются уже при миопии слабой степени. При средней степени миопии обнаруживаются нарушения коллагеновых пучков, их диссоциация и разволокнение [9].

Кроме того, ультразвуковое исследование анатомо-топографических особенностей переднего сегмента глаза при миопической рефракции показало, что при миопии глубина передней камеры, протяжённость волокон цинновой связки, а также дистанция «трабекула-цилиарные отростки» были больше по сравнению с другими видами рефракции. Типичным было заднее положение радужки и направление цилиарных отростков кпереди, к центру и кзади [122, 138, 238].

Наряду с этим, при миопии отмечены различные aberrации в оптической системе, имеются разные величины угла каппа, иное состояние зрачка [58, 70, 115, 146, 147, 148, 162, 226, 246, 276].

В литературе значительное внимание уделяется гидродинамическим колебаниям в процессе формирования миопии. Большое количество работ посвящено изучению роли внутриглазного давления в патогенезе миопии [12, 40, 136, 214]. Результаты исследований О. Parsinen свидетельствуют о корреляции величины ВГД с рефракцией и длиной ПЗО глаза у детей школьного возраста. Исследования, проводимые О.В. Братко [29, 135] позволили выявить, что уровень внутриглазного давления без учета центральной толщины роговицы при разных видах клинической рефракции статистически значимо различается [29]. Среднее значение ВГД с учетом центральной толщины роговицы при миопии статистически достоверно выше, чем при гиперметропии и эметропии. Ряд авторов считает, что при прогрессировании миопии на фоне низкой нормы ВГД имеет место механизм удлинения глаза при конвергенции под влиянием экстраокулярных мышц [120, 124].

Вместе с этим, при изучении сосудов хориоидеи и сетчатки [1] установлено, что в большей части исследованных глаз с миопией слабой и средней степени структура стенки капилляров, артериол и венул не отличается от их состояния в контрольном материале (глаза с эметропией).

Ряд исследователей в своих работах выявили более высокую световую чувствительность при миопии в средней и старшей возрастной группе относительно нормы. По их мнению, это может быть связано с адаптационными перестройками в организации тормозной периферии рецептивных полей ганглиозных клеток, влияние которых с возрастом усиливается [50, 91, 165, 215, 219].

Данные сравнительного анализа состояния зрительной системы в норме и при миопии представлены в работах Н.С. Аксеновой [11]. Изучение показало, что у пациентов с миопией в 78% отмечается гетерофория, существенно изменены электрофизиологические показатели, практически в 2 раза снижены показатели аккомодации, и на 25% - фузионные резервы. У 40% больных отсутствует глубинное зрение, выявлено более чем трёхкратное

уменьшение времени зрительной работоспособности вблизи, выявлены значимые корреляционные связи, которые в совокупности свидетельствуют о формировании миопической патологической системы зрительного восприятия.

Таким образом, при миопии структурно-функциональное состояние зрительной системы имеет собственные особенности, что должно неизбежно находить отражение при формировании пресбиопии.

Развитие пресбиопии усугубляет имеющиеся дефекты зрительного восприятия у пациентов с миопической рефракцией снижением аккомодационной способности. Снижение аккомодации у пациентов с миопией, т.е. у которых и ранее были проявления аккомодационного дисфункции, ведет к неадекватности привычной оптической коррекции и появлению астенопических жалоб [206, 239, 240].

Вместе с тем, вопрос о характере изменений зрительной системы у лиц с миопией при развитии пресбиопии остаётся открытым. В настоящее время в литературе практически отсутствуют данные о формировании пресбиопии у лиц с миопической рефракцией.

1.2. Методы коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией

Современные методы коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией основаны на принципе гипокоррекции, анизокоррекции, мультифокальности.

Модель гипокоррекции (или недостаточной коррекции миопии) часто сопровождается неудовлетворенностью пациентов зрительными функциями как вдаль, так и вблизи.

Модель анизокоррекции основана на создании искусственной анизометропии небольшой степени, в 1-2 диоптрии. Ведущий глаз у пациента с пресбиопией всегда корригируется для зрения вдаль, ведомый глаз для

зрения вблизи. Однако использование данного принципа подходит не всем пациентам и связано с риском развития синдрома монофиксации [211, 281], оказывающего негативное влияние на процессы сенсорной рецепции.

Модель мультифокальности основана на распределении светового потока по нескольким оптическим зонам для зрения на разных расстояниях. Световые лучи от удаленных, близких и расположенных на промежуточных расстояниях объектов фокусируются одновременно на сетчатке. Головной мозг самостоятельно выбирает для нужного объекта соответствующее изображение.

У пациентов с миопической рефракцией, при отсутствии помутнений хрусталика наиболее широко используется очковая и контактная коррекция, в ходе которой можно использовать описанные выше модели оптической компенсации утраченной аккомодации.

Традиционная очковая коррекция, насчитывающая многовековую историю и получившая широкое распространение с середины XVI века, не утратила своей актуальности и в настоящее время. В 1784 году Бенджамин Франклин усовершенствовал приспособление для улучшения зрения и изобрёл бифокальные (двухфокусные) линзы, объединенные в одной паре очков, в которых верхняя зона - для дальних дистанций, нижняя зона - для ближних дистанций. В дальнейшем появились очки с тремя зонами или трифокальные очки, позволяющие видеть на дальнем, ближнем и промежуточном среднем расстоянии. На сегодняшний день бифокальная очковая коррекция менее популярна, но продолжает использоваться пациентами, так как является приемлемой доступной альтернативой другим дорогостоящим методам коррекции пресбиопии [99, 100, 206, 223, 292].

В последние годы широкое распространение приобретает самый современный и наиболее удобный способ очковой коррекции явлений пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией с помощью прогрессивных очковых линз, позволяющий использовать только одну пару очков для коррекции зрения на всех расстояниях [223]. В настоящее время

существует много различных типов прогрессивных очковых линз. Они отличаются назначением, дизайном, степенью учета индивидуальных параметров пациента и выбранной им оправы для очков, технологией изготовления. [239, 240, 241]. Прогрессивные очковые линзы имеют несколько оптических зон, обеспечивающих четкое зрение на всех расстояниях – от 30-40 см до бесконечности. Однако использование этого метода коррекции пресбиопии имеет ограничения в связи со сложностями подбора, расчета, изготовления очков, длительной адаптации пациента к новым условиям деятельности зрительной системы.

Существует общепринятое мнение, что миопическая рефракция является более благоприятным видом аметропии с точки зрения коррекции оптических нарушений при развитии пресбиопии. Считается, что пациентам с миопией, пользующихся постоянной очковой коррекцией для дали при развитии явлений пресбиопии и снижении зрения вблизи, достаточно подобрать дополнительные очки для близи с учётом возрастных норм и субъективного зрительного комфорта. Другим вариантом очковой коррекции пресбиопии для лиц с миопической рефракцией может стать подбор очков для постоянного ношения с линзами меньшей преломляющей силы, обеспечивающими достаточное зрение вблизи и несколько сниженное, но достаточно комфортное зрение вдаль.

Вместе с этим, известно, что любые очковые линзы обладают рядом нежелательных свойств, таких как астигматическое, призматическое действие на периферии и сферические aberrации. В результате, как показывает клинический опыт, несмотря на кажущуюся простоту и множество способов решения проблемы коррекции зрения вблизи у пациентов с миопией при развитии пресбиопии, у данной категории лиц сохраняются многочисленные астенопические жалобы, проявляющиеся повышенной утомляемостью при зрительных нагрузках, снижении времени зрительной работоспособности, зависимости зрительного восприятия от степени освещенности и времени

суток. Как следствие, возникают проблемы непереносимости очков, что снижает эффективность данного вида коррекции пресбиопии [2, 48].

Хотя основным средством помощи пациентам с явлениями пресбиопии на фоне миопической рефракции остаются очки с прогрессивными или бифокальными линзами, пациенты проявляют все больше интереса к коррекции возрастного снижения аккомодации с помощью контактных линз. Благодаря интенсивным научным разработкам, современная офтальмология предлагает широкие возможности контактной коррекции пресбиопии с помощью контактных линз различных конструкций [26, 43, 48, 49, 176, 247, 253].

В случае ношения ранее пациентом монофокальных контактных линз коррекцию пресбиопии при миопии можно проводить следующими методами: комбинация очковой и контактной коррекции, «моновизуальная» коррекция, бифокальные и мультифокальные контактные линзы [27, 78, 268]. Дополнительная очковая коррекция поверх привычной контактной коррекции проводится традиционным способом в зависимости от потребностей в аддидации (прибавки для близи). Данный вариант коррекции пресбиопии позволяет не только улучшить показатели остроты зрения вблизи, но и сохранить порог пространственной контрастной чувствительности [27]. Однако, пациентам, постоянно пользующимися контактными линзами, как правило, не нравится дополнительно использовать очки, и на сегодняшний день очковая коррекция менее популярна у современных пользователей контактных линз.

Следующий вариант контактной коррекции пресбиопии - это моновизуальная коррекция зрения, предусматривающая подбор контактных линз таким образом, что один глаз корректируется для дали, а второй глаз вблизи [196]. К преимуществам данного вида коррекции можно отнести простоту метода, стабильные показатели остроты зрения вдаль и вблизи, использование привычных контактных линз. Однако, моновизуальная коррекция зрения становится всё менее популярной в связи с существенными

её недостатками, такими как сложная адаптация к искусственной анизометропии и нарушение бинокулярного зрения в виде уменьшения бинокулярной суммации, а также снижение контрастной чувствительности, отсутствие достаточного зрения на средних дистанциях [75, 78, 141, 180, 248, 287].

Разновидностями монофокальной контактной коррекции является усовершенствованная монокулярная коррекция зрения, при которой проводится подбор монофокальной КЛ для одного глаза и мультифокальной КЛ для другого глаза [156].

По данным ассоциации производителей средств контактной коррекции зрения около 130 млн. человек с различными видами амметропий пользуются контактными линзами во всём мире [194] Как известно, именно пациенты с миопической рефракцией являются основными успешными пользователями мягких КЛ. Однако, формирование пресбиопии приводит к снижению зрения вблизи, и, как следствие, к необходимости использования дополнительной очковой коррекции или к изменению привычной контактной коррекции. Именно эта категория пациентов наиболее мотивирована к переходу от моно- к мультифокальным КЛ. В связи с этим, большинство пользователей мультифокальной контактной коррекцией - это пациенты с миопией.

Первые результаты коррекции пресбиопии с помощью сегментированных бифокальных и трифокальных контактных линз (КЛ) были представлены доктором Фейнблумом в 1938 году [278]. Основным недостатком этих контактных линз была их тенденция к ротационной подвижности, что ограничило их внедрение в клиническую практику. Тем не менее, данный факт послужил толчком для развития мультифокальной контактной коррекции.

В настоящее время разработан целый спектр КЛ, производимых из различного материала, имеющих более совершенную конструкцию [26, 78, 170, 224], что позволяет намного расширить показания для применения контактной коррекции. В связи с этим отмечается неуклонный рост

пациентов, предпочитающих ношение мультифокальных КЛ с целью коррекции пресбиопии. По данным отчета Международной Ассоциации производителей контактных линз 2011 год, доля мультифокальных КЛ составляет 11% от всех мягких КЛ в мире [249]. По данным Р.В. Morgan [178], J.J. Nichols [249], среди всех носителей КЛ в возрасте старше 45 лет, пациенты с мультифокальной коррекцией составляют 40-42% [245, 249]. Однако доля пациентов, использующих МКЛ, между странами существенно варьирует от 79% в Португалии до 0% в Сингапуре. Соотношение пользователей мультифокальной контактной коррекцией и моновизуальной коррекцией составляет 1:3 [245]. Доля пользователей этим видом контактной коррекции в России минимальна [10].

Подбор мультифокальных КЛ требует от врача не только тщательной оценки всех параметров оптической системы пациента и моделирования оптического результата, но и учета зрительных приоритетов и ожиданий самого пациента. Оценка врачом индивидуальных психологических черт личности, степень мотивации в необходимости использования КЛ, особенностей профессиональной деятельности позволяет прогнозировать степень реакции и особенности адаптационного периода к подобранным мультифокальным КЛ. Кроме того, и со стороны пациента требуется четкое понимание собственных зрительных задач и потребностей [24, 129, 154, 210].

На сегодняшний день мультифокальные контактные линзы стали наиболее предпочтительным вариантом контактной коррекции пресбиопии [144, 220, 231]. Основным принципом мультифокальной контактной коррекции является распределение светового потока по трем концентрическим рефракционным зонам, фокусирующим видимое изображение вблизи, на среднем расстоянии и вдаль [93]. При подборе мультифокальных КЛ учитываются следующие параметры: величина сферозэквивалента с учетом вертексной поправки, величина зрачка в естественных условиях освещения, степень необходимой аддидации. Под аддидацией — «прибавкой для близи» — понимается разница в диоптриях в

оптических системах между зонами для зрения вдаль и для работы на близком расстоянии, что позволяет в определенной степени добиться хорошего зрения вдаль, вблизи и на промежуточных (средних) расстояниях.

Выбор необходимой аддидации проводится с учетом зрительных потребностей каждого индивидуума. Мультифокальные КЛ делятся на две основные категории: *альтернирующие* и *симультаные*. [78, 280]. Альтернирующая МКЛ имеет две зоны: одна (для близи) расположена в её нижнем сегменте, вторая (для дали) – в центральной зоне. Стабилизация линзы достигается с помощью призматического балласта в нижней части линзы, который не позволяет ей сместиться в сторону. Альтернирующая линза должна смещаться относительно зрачка так, чтобы зрительная ось проходила через разные зоны линзы для дали и для близи. Данные конструктивные особенности чаще всего обеспечиваются жесткими бифокальными контактными линзами, которые имеют диаметр меньше диаметра роговицы и легко способны к децентрации, в связи с чем могут вызывать у пациента чувство инородного тела, дискомфорт и диплопию [130, 150, 156, 199]. Преимуществом альтернирующей КЛ можно считать фокусировку светового потока, попадающего через зрачок, на одном расстоянии, что не приводит к сильному искажению изображения. Недостатком этого типа КЛ является скорее её бифокальность, чем мультифокальность, т.к. зона для близи эффективна либо для зрения вблизи, либо на промежуточной дистанции. Для подбора альтернирующих КЛ необходимы навыки и время [156].

Симультаными или бивизуальными считаются КЛ, в которых обе зоны для дали и близи концентрически расположены в области зрачка. При взгляде на объект, находящийся на расстоянии или вблизи, одновременно проецируются на сетчатку два изображения, одно из которых частично фокусируется на сетчатке, а второе - частично нет. Так как два изображения накладываются одновременно, то, чтобы пациенту четко видеть, необходимо избирательно подавить размытое изображение, которое нежелательно в данный момент [155, 164]. Это приводит к снижению контрастной

чувствительности, степень которой зависит от соотношения фокусированного и расфокусированного светового потока, от дизайна линзы, размера зрачка и центрации контактной линзы [262, 291]. Симультанные КЛ подбираются более успешно за счёт отсутствия призматического баланса и значительной степени комфортности, обеспеченной высокими технологиями производства, и на сегодняшний день значительно распространены в практическом применении [169].

Симультанные КЛ подразделяют на *концентрические бифокальные КЛ* (сферические), *асферические бифокальные КЛ*, *дифракционные бифокальные КЛ*. В концентрических бифокальных КЛ обе зоны – для дали и для близи – имеют концентрический дизайн и расположены в плоскости зрачка. Выделяют концентрические бифокальные КЛ с центром для дали (Acuvue Bifocal, Jonson&Jonson Vision Care), предназначенные для лиц, по роду деятельности связанных с потребностью в хорошем зрении вдаль (водители, военнослужащие), линзы с центром для близи (Simulvue, Unilens), предназначенные для лиц, занимающихся работой на близком расстоянии (офисные работники, часовщики). Среди асферических бифокальных КЛ выделяют прогрессивные бифокальные линзы с асферическим дизайном задней поверхности (Occasions, Bausch&Lomb), прогрессивные линзы с асферическим дизайном передней поверхности (Focus Progressives, CIBA Vision), асферические КЛ с центром для близи (Air Optix Aqua Multifocal, CIBA Vision), асферические КЛ с центром для дали (Proclear EP, Cooper Vision).

Тем не менее, попытки компенсации утраченной аккомодации за счет создания мультифокальной оптической системы наталкиваются на трудности приспособления пациентов к новым условиям деятельности зрительного анализатора [87, 110, 130, 167, 204, 236, 245, 249].

Общим недостатком мультифокальных контактных линз является зависимость остроты зрения и качества зрения от величины зрачка в различных условиях освещенности, индуцирование оптических aberrаций

[26, 46, 74, 84, 139, 149, 151, 178, 181, 188, 203, 218, 227, 252, 261, 262, 263, 269, 287]. Недостатком линз с центром для близи является то, что в солнечный день зрение вдаль может быть неудовлетворительным, а при низкой освещенности ухудшается качество зрения вблизи. С целью преодоления данного недостатка разрабатываются новые модели КЛ с чередующимися кольцевыми зонами для близи и для дали, позволяющие уменьшить число паразитарных изображений, как, например, в мультизональных КЛ с центральной зоной для дали (Acuvue Bifocal, Jonson&Jonson; Acuvue Oasys for Presbyopia), однако данная проблема не решена полностью.

С целью уменьшения влияния размеров зрачка разработана модифицированная монокулярная коррекция зрения, подразумевающая подбор мультифокальных КЛ для обоих глаз, где одна из линз имеет центр для дали, вторая - центр для близи несколько меньшего диаметра. Линзы, выполненные по данной технологии, дополняют друг друга, обеспечивая улучшение бинокулярной суммации в разных условиях освещенности.

Существенным недостатком симультанных КЛ является снижение контрастной чувствительности [32, 49, 75, 129, 180], в связи с этим они имеют ограничения в использовании для пациентов, род деятельности которых связан с необходимостью высокой степени различения контраста изображений. Степень снижения контрастной чувствительности также зависит от выбранной аддидации, условий освещенности [75]. С повышением аддидации соотношение «сигнал-шум» падает, контрастная чувствительность снижается [167]. Ряд исследований показывает, что порог контрастной чувствительности выше при условиях пониженной освещенности на низких и средних пространственных частотах по сравнению с монокулярной контактной коррекцией, однако при хорошей освещенности на высоких пространственных частотах мультифокальная контактная коррекция преимуществ по качеству зрения перед монофокальной коррекцией не имеет [75].

Дифракционные бифокальные КЛ лишены зависимости от размера зрачка за счёт концентрических дифракционных граней (зоны Френеля) на задней поверхности линзы. Зрение вдаль корректируется оптической силой линзы, а чёткое зрение вблизи достигается сочетанием рефракционной силы линзы и дифракции лучей светового потока. Недостатком таких линз является значительное снижение контрастной чувствительности не только на высоких, но и на низких пространственных частотах. Линзы данного вида в последнее время не выпускаются.

По наблюдениям специалистов, адаптация пациентов к мультифокальной контактной коррекции происходит быстрее, чем к моновизуальной коррекции [141].

В настоящее время разрабатываются и внедряются в практику торические мультифокальные контактные линзы, позволяющие успешно корректировать астигматизм [230].

Следует отметить, что результаты мультифокальной контактной коррекции в отечественной литературе освещены недостаточно.

Исследования показывают, что технологические достижения, такие, как разработка новых материалов, методы изготовления и конструкций линз, а также наличие различных вариантов замены линз, оказали значительное влияние на рынок контактных линз в течение первого десятилетия 21-го века [178].

Однако, несмотря на многообразие мультифокальных контактных линз, представленных на рынке на сегодняшний день, проблема коррекции пресбиопии у лиц с миопической рефракцией полностью не решена. Во многом это обусловлено такими факторами, как конструктивные свойства контактных линз, влияющих на периферическую рефракцию [216, 229, 232, 277], изменением aberrаций зрительной системы, субъективными ощущениями пациентов, а также изменением структурно-функциональных особенностей зрительной системы пациентов с миопической рефракцией [157].

К сложным прогрессивным линзам необходим определенный период адаптации, иногда довольно длительный. При этом существует определенная доля пациентов с пресбиопией, которые не могут адаптироваться к такой коррекции. Кроме того, недостатком прогрессивных или бифокальных линз является снижение контрастной чувствительности и глубинного зрения из-за градиентного увеличения оптической силы линзы, что может приводить к увеличению риска падения у пациентов в возрасте 65-70 лет [228]. У пациентов с хорошо сохранившейся быстрой вергенцией адаптация к прогрессивным очковым линзам намного выше [168].

Возможно, именно с этим связано, что, несмотря на высокие показатели клинической эффективности и целесообразности применения предлагаемых методов, у пациентов с пресбиопией на фоне миопической рефракции нередко субъективно сохраняются многочисленные астенопические жалобы, приводящие к зрительному утомлению и, как следствие, к неудовлетворённости полученным результатом [57, 98, 104, 142, 234, 279]. Причины данного явления в настоящее время детально не изучены, и вопрос о выборе оптимальной коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией остаётся открытым.

Субъективная неудовлетворенность полученным результатом мультифокальной контактной коррекции у пациентов с пресбиопией и миопией заставляет современных исследователей продолжать совершенствовать существующие и разрабатывать новые модификации мультифокальных контактных линз [104, 244, 283, 288].

Одним из перспективных направлений восстановления функциональной активности зрительного анализатора на различных расстояниях с целью коррекции пресбиопии без дополнительной очковой и контактной коррекции является хирургическое лечение [225, 233, 256]. На современном этапе развития офтальмохирургии с целью коррекции аномалий рефракции и пресбиопии существует несколько самостоятельно развивающихся направлений. Одним из них можно считать метод

анизокоррекции по типу «моновижн», при котором в один глаз имплантируется ИОЛ с расчетом ясного видения для дали, во второй глаз – с расчетом для близи. [19, 21, 273].

Второй способ восстановления естественной аккомодации осуществляется путем введения эластичных полимеров в сохраненную хрусталиковую сумку. Однако, оба метода не нашли широкого практического применения в настоящее время.

По данным литературы перспективным и позволяющим достигнуть наилучшего функционального результата является хирургический метод создания псевдоаккомодации за счет имплантации биомеханических или мультифокальных интраокулярных линз (ИОЛ) [21, 23, 83, 126, 145, 153, 171, 184, 242, 266]. Одним из обязательных условий достижения ясного видения на всех расстояниях в этом случае является двухсторонняя имплантация мультифокальной ИОЛ. Несмотря на относительно недавнее появление мультифокальной интраокулярной коррекции пресбиопии, накоплен значительный опыт в этой сфере. Во многом это стало возможным благодаря разработке и внедрению большого спектра различных типов и модификаций мультифокальных ИОЛ. К ним можно отнести рефракционно-дифракционные ИОЛ, мультизональные ИОЛ.

Тем не менее, несмотря на многообразие способов коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, многие пациенты остаются неудовлетворенными полученным результатом и качеством зрения и предъявляют многочисленные астенопические жалобы [57, 69, 104, 116, 142, 160, 272, 279].

Резюмируя данные литературы в целом, можно сделать вывод, что, несмотря на определённые успехи в изучении проблемы пресбиопии и многообразие существующих методов коррекции возрастного снижения зрения, на сегодняшний день, как в отечественной, так и в зарубежной литературе отсутствуют работы, посвящённые изучению закономерностей формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией. В

подавляющем большинстве научных работ, посвящённых изучению пресбиопии, отражены единые теории развития и патогенетические механизмы формирования пресбиопии, характерные для эметропичного глаза, без учёта исходного вида рефракции. В тоже время, накопленный мировой опыт по изучению миопии, свидетельствует, насколько сложна и многогранна зрительная система у пациентов с миопией. Несмотря на это, представленные в литературе сведения не отражают особенности формирования пресбиопии при миопии. Не ясно, каким образом при утрате аккомодационной способности происходит перестройка оптической системы миопичного глаза, его разрешающей способности, структурных параметров и зрительных функций. Нет данных об изменении бинокулярного взаимодействия и трансформации зрительного восприятия при развитии пресбиопии на фоне миопической рефракции. И в целом, отсутствует четкое представление о патогенезе пресбиопии у лиц с миопической рефракцией.

«Ключевым подходом лечебного процесса в настоящее время является метод проб и ошибок» [252], в то время как целостная система зрительной реабилитации пациентов с пресбиопией в условиях миопической рефракции отсутствует. Именно поэтому раскрытие механизмов формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией и разработка патогенетически обоснованных методов коррекции имеют важное значение для патологической физиологии и офтальмологии.

В целом это и определило основную цель и задачи работы, изложенные во введении.

ГЛАВА 2

КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДУЕМЫХ ПАЦИЕНТОВ

2.1. Общая характеристика обследуемых лиц

Группа лиц для исследования была сформирована на добровольных началах, в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (1964 г. с поправками 2000 г.) и Федеральным законом Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Критериями отбора пациентов в группы исследования служили наличие осевой неосложненной изометропической миопии, показатели остроты зрения с коррекцией 0,9 и выше и отсутствие сопутствующей соматической патологии. Обследуемые пациенты не предъявляли жалоб на зрение, не имели в анамнезе травм и заболеваний органа зрения.

В рамках данной работы были обследованы 60 человек (120 глаз) в двух возрастных группах.

В 1 группу вошли 30 пациентов молодого возраста с приобретенной неосложненной миопией I и II степени, в возрасте от 23 до 30 лет. Средний возраст в данной группе $27,1 \pm 3,2$ лет. Из общего числа обследованных субъектов женщины составили 21 человек (73%), мужчины – 8 человек (27%).



Рисунок 1 – Распределение пациентов 1 группы в зависимости от пола

Объективная рефракция в первой группе составила (-) $3,6 \pm 0,6$ Дптр. Распределения пациентов молодого возраста с миопией в зависимости от значений рефракции и длины глазного яблока представлены на рис.2 и 3.



Рисунок 2 – Распределение пациентов 1 группы по значениям объективной рефракции

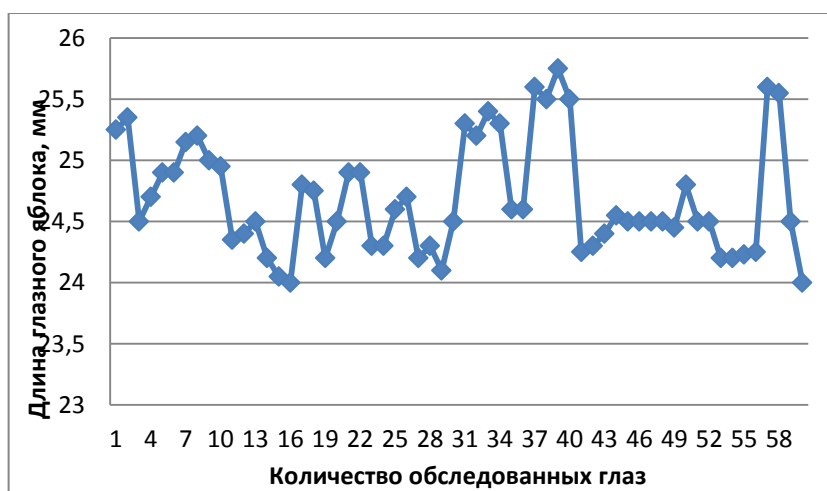


Рисунок 3 – Распределение пациентов 1 группы по длине глазного яблока

Основным критерием разделения пациентов на две группы явился возраст пациентов, а также изменение запаса относительной аккомодации с возрастом. Запас относительной аккомодации в первой группе составил $7,37 \pm 1,77$ Дптр.

Критерием исключения также послужило наличие допустимой гетерофории. Величина гетерофории для дали в группе пациентов до 30 лет

составила $-4,2 \pm 0,5$ град. У всех пациентов характер зрения был бинокулярным на всех расстояниях. Так как пациентами первой группы являлись лица молодого возраста, то сопутствующая общая соматическая патология была выявлена в единичных случаях. Сопутствующими заболеваниями других органов и систем в данной группе явились: хронический тонзиллит (в 3%), вегето-сосудистая дистония (в 3%), заболевания пищеварительного тракта (в 2%). Для коррекции миопии пациенты первой группы пользовались очками для дали и/или для постоянного ношения в 27% (8 пациентов), мягкими контактными линзами в 73% (21 пациент).

Во 2 группу вошли 30 человек зрелого возраста, также с приобретенной близорукостью I и II степени, в возрасте от 46 до 57 лет. Средний возраст во второй группе составил $51,7 \pm 4,4$ лет. Из них большую часть составили женщины 78% (22 человека), а также 22% (6 человек) мужчины.



Рисунок 4 – Распределение пациентов 2 группы в зависимости от пола

Объективная рефракция во 2 группе составила (-) $3,67 \pm 0,5$ Дптр. Распределения пациентов в зависимости от значений рефракции и длины глазного яблока представлены на рис.5 и 6.

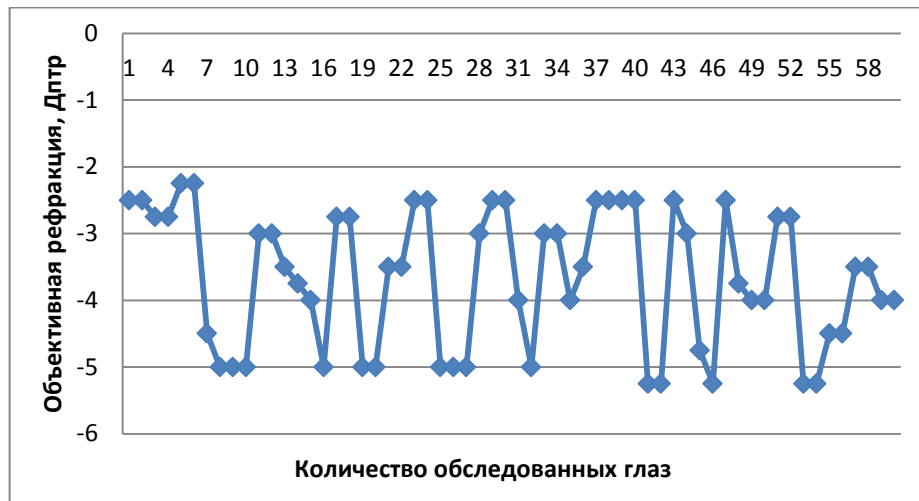


Рисунок 5 – Распределение пациентов 2 группы по значениям объективной рефракции

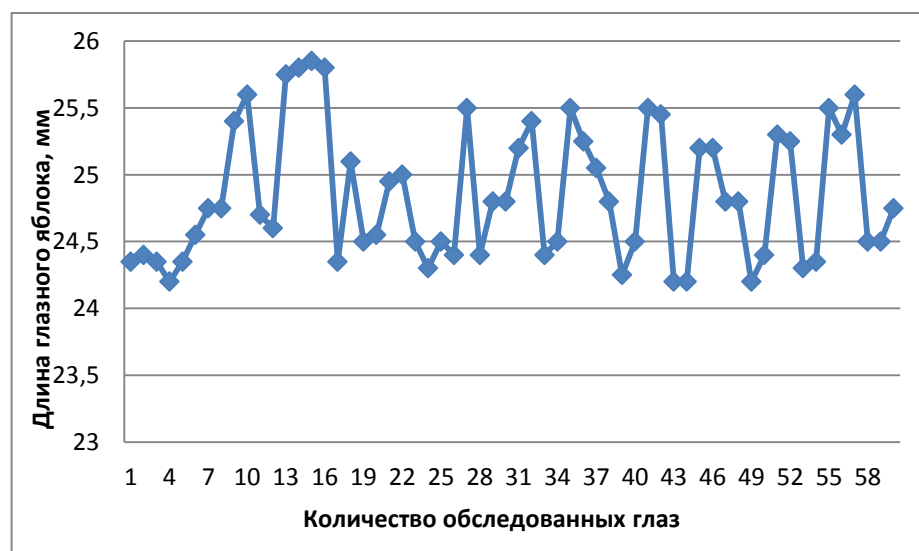


Рисунок 6 – Распределение лиц зрелого возраста с миопией по длине глазного яблока

Запас относительной аккомодации в этой группе - $0,76 \pm 0,35$ Дптр. Величина гетерофории для дали составила $-3,7 \pm 0,5$ град. У всех пациентов характер зрения был бинокулярным на всех расстояниях. Из второй группы обследуемых были сознательно исключены лица с серьезной сопутствующей соматической патологией других органов и систем. К сопутствующим заболеваниям относились заболевания желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит, гастродуоденит). Для коррекции миопии пациенты старшей возрастной группы пользовались очками для дали и/ или для

постоянного ношения в 24% (7 пациентов), мягкими контактными линзами в 76% (21 пациент).

Для коррекции зрения пациенты обеих групп пользовались очками для дали или постоянного ношения, а также, в единичных случаях, контактными линзами.

2.2. Методы исследования офтальмологического статуса

Для всесторонней оценки структурно-функционального состояния зрительной системы пациентов с миопией молодого возраста и пациентов с пресбиопией и миопией были использованы следующие методы исследования:

Рефрактометрия, метод, позволяющий определить объективную клиническую рефракцию и кератометрия, определяющая преломляющую силу роговицы в двух меридианах, а также её радиусы кривизны. Исследование проводилось с помощью автокераторефрактометра KR-8800 фирмы «Торсон» (Япония).

Визометрия (определение остроты зрения) вдаль, вблизи и на среднем расстоянии (на расстоянии 5 м, 33 см и 70 см) без коррекции и с максимальной коррекцией в монокулярных и бинокулярных условиях, с использованием сменяющихся опто типов на фороптере АСР-6 «Торсон» (Япония) со встроенной системой смены корригирующих линз. Острота зрения является одним из основных показателей функционального состояния зрительной системы [33].

Периметрия, с целью определения границ поля зрения и наличия дефектов внутри него проводилась на сферопериметре «CarlZeiss» (Германия), освещенность 4, диаметр пятна IV, при прямой фиксации глазного яблока. Данные периметрии по 8 меридианам суммировались и затем вносились в таблицы для дальнейшей статистической обработки.

Более информативное исследование поля зрения методом статической периметрии проводилось на **компьютерном анализаторе полей зрения «DICON»** (США), позволяющее получить информацию о функциональном состоянии большинства областей сетчатки. При этом пациенту по заданной программе предъявляют тест - объект в виде одиночного светового стимула переменной яркости в разных участках поля зрения. При исследовании световой чувствительности сетчатки измерение проводилось, как правило, в пределах 80° от точки фиксации. Количественным критерием оценки световой чувствительности в исследуемой точке является пороговая яркость распознаваемого стимула, выраженная в децибелах (дБ).

Биомикроскопия переднего отрезка глаза, позволяющая оценить состояние роговицы, радужной оболочки, хрусталика и передних отделов стекловидного тела [137], и **офтальмоскопия** глазного дна осуществлялась с помощью щелевой лампы «CarlZeiss» (Германия) проводились с целью выявления и исключения сопутствующей глазной патологии в данной категории обследуемых пациентов.

Ультразвуковая эхобиометрия определялась в режиме А-сканирования для измерения переднезадней оси, глубины передней камеры, толщины хрусталика. Исследование выполнялось с использованием ультразвукового А- скана «Mentor A/P III» (США) [63, 138].

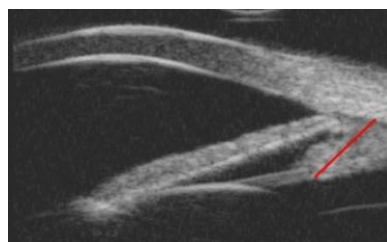
Объективная пуриллометрия проводилась с целью определения диаметра зрачка в фотопических и скотопических условиях освещенности на приборе OPD-Scan фирмы «Nidek»[161].

Ультразвуковая биомикроскопия переднего отрезка глазного яблока выполнялась на приборе HiScan («Opticon») с количественной оценкой параметров, предложенных С.Pavlin [255], таких как длина передней порции цинновой связки (ДЦС), дистанция «трабекула-цилиарные отростки» (ДТЦО), толщина цилиарного тела (ТЦТ), угол примыкания «трабекула-радужка» (УТР). Измерение данных параметров было проведено в четырех сегментах (в меридианах 12, 3, 6, 9 часов).

Измерения указанных параметров проводилось во взаимно перпендикулярных меридианах: верхнем, внутреннем, нижнем, наружном, соответствующих 12, 3, 6 и 9 часам (рис. 7).



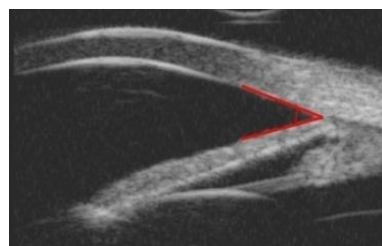
А. Длина передней порции цинновой связки



Б. Толщина цилиарного тела



В. Дистанция «Трабекула-цилиарные отростки»



Г. Угол примыкания «Трабекула – радужка»

Рисунок 7 – Строение иридо-цилиарно-хрусталикового комплекса по данным ультразвуковой биомикроскопии.

А - Длина передней порции цинновой связки

Б - Толщина цилиарного тела

В - Дистанция «Трабекула-цилиарные отростки»

Г - Угол примыкания «Трабекула – радужка»

Определение **денситометрической плотности хрусталика** проводилось с помощью прибора «Pentacam», Oculus.

Объективная аберрометрия - исследование волнового фронта погрешностей (аббераций) оптических элементов глаза проводилась на компьютерном томографе «Pentacam», фирмы Oculus (Германия). Абберации волнового фронта отображаются в виде полиномов Цернике (Zernike) и позволяют на основе группы диаграмм рассчитывать абберации от нулевого до четвёртого порядка и среднеквадратичное отклонение общего волнового фронта аббераций – RMS total оптической системы глаза. Прибор также

позволяет вычленить изолированные группы аббераций, такие как кома, сферическая абберация, трилистник и другие, и анализировать их отдельно.

Электрофизиологические исследования проводились на приборе «DIAGNOST» (Россия). Они включали в себя определение порога электрической чувствительности (фосфен) и уровень лабильности, которые характеризуют функциональное состояние сетчатки и зрительного нерва. Порог электрической чувствительности оценивает состояние периферии сетчатки, а уровень лабильности позволяет определить проводимость преимущественно аксиального пучка зрительного нерва в ретробульбарном отделе. Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) характеризует состояние всего зрительного анализатора от палочек и колбочек до корковых окончаний.

Электроретинография (ЭРГ) - проводилась для оценки биоэлектрической активности клеточных элементов сетчатки на нейроофтальмологическом комплексе «TOMEY» EP 1000 (Япония) с использованием конъюнктивальных электродов.

ЭРГ является объективным методом оценки функционального состояния структур сетчатки [132, 134, 205, 235, 243] и представляет собой графическое выражение фоторецепторной и нейрональной активности в ответ на световую стимуляцию в области клеточных мембран, изменяющих свою полярность и служащих источником тока. Все нейроны сетчатки принимают участие в генерации ЭРГ: фоторецепторы, пигментный эпителий, клетки биполярные, Мюллера, горизонтальные, амакриновые, интерплексиформные и ганглиозные. Каждый из компонентов ЭРГ генерируется различными структурами сетчатки, что позволяет с большей или меньшей степенью достоверности судить о локализации патологического процесса.

Для унификации результатов использовались стандарты регистрации ЭРГ, предложенные Международным обществом клинической электрофизиологии зрения (ISCEV).

Электроретинограмма глаза человека содержит две основные волны: «а» и «b». При регистрации показателей исследуются амплитуда волн и так называемая латентность – время от начала импульса до пика волны. Амплитуда свидетельствует, прежде всего, об общей сохранности фоторецепторов, латентность (в первую очередь волны «b») зависит от времени реполяризации мембран и характеризует состояние К-На насоса. Волна «а» отражает функцию фоторецепторов, причем как палочек, так и колбочек, а также клеток Мюллера. Характер волны «b» свидетельствует о функционировании, прежде всего мюллеровских клеток, а также о возможном вкладе горизонтальных и амакриновых клеток.

На основании рекомендаций ISCEV использовались несколько типов исследования ЭРГ:

- максимальный, или смешанный, ответ в темно-адаптированном глазу на слабую вспышку (палочковый ответ и колбочковый ответ) после темновой адаптации. Состоит из комбинации компонентов палочковой и колбочковой систем, которые регистрируются при использовании стандартных стимулов $1,5-4,5 \text{ кд/м}^2$ с интервалом между ними 5–10 с при расширенном зрачке. Ведущим компонентом максимального ответа является «а»-волна, которая отражает гиперполяризацию палочковых фоторецепторов, а склон ее кривой представляет кинетику фототрансдукции. Позитивная «b»-волна генерируется после фоторецепторов, связана с деполяризацией оп-биполярных клеток и увеличением содержания ионов калия в межклеточной щели клеток Мюллера;

- палочковый ответ на слабую вспышку, или скотопическая ЭРГ, проводится после темновой адаптации. Это первый сигнал после завершения темновой адаптации, так как палочки очень чувствительны к свету, и дизадаптация происходит немедленно после освещения. Для регистрации ответа палочковой системы рекомендована предварительная темновая адаптация пациента. Стандартный стимул ослабляют на 20 лог. ед. Минимальный интервал между стимулами – 2 с;

- простой колбочковый ответ, или фотопическая ЭРГ, регистрируется в фотопических условиях после световой адаптации, в течение 10 мин. Исследование проводилось на одиночный стимул с интервалом 0,5 с при светлом фоне с освещенностью 30 кд/м^2 , измеренной на поверхности ганцфельд-сферы. Фотопическая ЭРГ характеризуется малой амплитудой волн и более быстрой латентностью, чем скотопическая;

- мелькающая (ритмическая, фликер-ответ) ЭРГ – оценивает функциональное состояние колбочковой системы, в частности области желтого пятна. Исследование проводилось на белый стимул с частотой 30 Гц, с постоянной интенсивностью, в фотопических условиях. При использовании данной ЭРГ может быть выделено 4 типа биоэлектрического ответа: нормальный, сглаженный, неправильный и нерегистрирующийся. Регистрация двух видов ЭРГ позволяет разделить общие поражения сетчатки и локальные нарушения макулярной области.

Зрительно-вызванные потенциалы (ЗВП) – отражают функциональное состояние зрительного нерва и электрическую активность макулярной области. Использовались вспышки белого цвета (частота 2 Гц), измерения проводились в комплексе волн P_{100} [54, 282]

Результаты **пространственной контрастной чувствительности** наносились на стандартные таблицы в виде видеogramм [22, 36, 67]. Затем полученные условные единицы контрастной чувствительности фиксировались в частотах 3, 6, 9 и 18 цикл/град, затем суммировались для последующей статистической обработки. Метод позволяет исследовать функциональное состояние центрального зрения сетчатки и получить представление о способности обследуемого к обнаружению и различению объектов разной величины и контрастности.

Тонометрия и тонография проводились на электронном тонографе «Mentor» (США). Проводилась количественная оценка оттока внутриглазной жидкости с графической регистрацией показателя внутриглазного давления.

Характер зрения определялся на четырёхточечном цветовом приборе Белостоцкого – Фридмана (типа Worth) с 5 метров. [112]

Положительная (запас) и отрицательная части относительной аккомодации (ЗОА) исследовались по общепринятой методике [2, 112]. С этой целью использовался текст №4, соответствующий остроте зрения 0,7 из таблицы Сивцева для близи. Пациенту в очках, полностью корригирующих аметропию, предлагают с расстояния 33 см. читать этот текст бинокулярно. За величину положительной части (запаса) относительной аккомодации принималась сильнейшая отрицательная линза, с которой ещё возможно чтение текста. Аналогично определяют и отрицательную часть относительной аккомодации, только в оправу помещают положительные линзы. Максимальная положительная линза, с которой обследуемый ещё может читать текст, позволяет определить величину отрицательной части (израсходованной).

Наличие **глубинного зрения** также определялось на бинариметре «АВИЗ-01» [127] по методике, предложенной И.Э. Рабичевым [102]. Аппарат для восстановления и исследования зрения (АВИЗ-01) утверждён 10.02.94, протокол №1 Комитетом по новой технике Минздрава РФ на заседании комиссии по аппаратам, приборам и инструментам, применяемым в офтальмологии. С помощью этого прибора возможно не только лечение, но и количественная и качественная оценка параметров «мнимого образа». Глубинное зрение можно оценивать качественно на основании субъективных ощущений обследуемого при сведении и разведении двойных изображений, формирующих «мнимый зрительный образ» и возможности совпадения во фронтальной плоскости этого «образа» и кольца. Расстояние между парными тестами, при котором возможно восприятие мнимого зрительного образа, обозначено как P , расстояние от глаз обследуемого до предъявляемых тестов - как N . Для статистической обработки нами были выбраны крайние значения N и P – амплитудные пределы фузионного рефлекса. За ближний предел фузионного рефлекса принято ближе к пациенту расстояние, на котором

предъявление двойных изображений даёт слияние – N1. За дальний амплитудный предел фузионного рефлекса принято дальнейшее расстояние, на котором предъявление двойных изображений даёт слияние – N2. Показатель P1 – это минимальное расстояние между двумя тестами, при котором возможно слияние, P2 – максимальное расстояние.

Определение площади фузионного поля [117] проводилось с использованием карт бинокулярности в условиях бинариметрии на приборе «АВИЗ-01» по методике, разработанной в «ИФ МНТК Микрохирургия глаза» [118]

Определение площади фузионного поля проводилось в условиях свободной гаплоскопии. При предъявлении парных тест-объектов добиваются физиологического двоения и слияния двойных изображений для получения бинокулярного мнимого зрительного образа. Затем измеряются два расстояния между тест-объектами в крайних отведениях, в пределах которых возможно устойчивое восприятие полученного бинокулярного мнимого образа. Первое расстояние находится в горизонтальной плоскости. Второе расстояние между тестами фиксируется в сагиттальной плоскости на протяжении 1 метра от глаз исследуемого пациента, с интервалом 5 см. Результаты исследования заносились на сетку с делениями (рис.8), на следующем этапе производился расчёт площади фузионного поля S в $см^2$.

	22 мм	26 мм	30 мм	34 мм	38 мм	42 мм	46 мм	50 мм	54 мм	58 мм	62 мм	66 мм	70 мм	74 мм	78 мм	82 мм
50мм																
100мм																
150мм																
200мм																
250мм																
300мм																
350мм																
400мм																
450мм																
500мм																
550мм																
600мм																
650мм																
700мм																
750мм																
800мм																
850мм																
900мм																
950мм																
1000мм																

Рисунок 8 – Таблица для графического изображения границ условного фузионного поля

Оценку **стереозрения** проводили с помощью тестов Ланга (Lang) I и II. Метод основан на двух принципах: «Random Dots» и сети цилиндров. Первый принцип, разработанный Z. Julesz, используется в различных стереограммах либо с поляризационными стёклами, либо с красно-зелёными очками, либо с другими способами разделения потоков зрительной информации для правого и левого глаза. Второй принцип группировки цилиндров в сеть разработан W.R.Hess. Разделение зрительных впечатлений от каждого глаза создаётся благодаря сети тонких полуцилиндров, расположенных параллельно. Под каждым его элементом находятся две полосы картин, одна из которых попадает в только правый глаз, а вторая - только в левый. В стереотестах Ланга впервые реализуется комбинация этих двух технологий, имеющих большое преимущество перед другими методами разделения потоков зрительной информации. Принцип стереограмм исключает монокулярное стерео восприятие. На стереотестах Ланга только горизонтальная диспаратность вызывает чувство рельефа и даёт возможность точно воспринимать форму. При исследовании фиксировался максимальный разрешающий порог стереовосприятия.

2.3. Методы лечения

Мультифокальная контактная коррекция

С целью полной оптической коррекции остроты зрения на дальних и близких расстояниях части пациентам второй возрастной группы индивидуально были подобраны мультифокальные мягкие контактные линзы (МКЛ) на оба глаза. Подбор МКЛ проводился с учётом рефракции, величины сферозэквивалента с учетом вертексной поправки, радиуса кривизны роговицы, размеров зрачка, динамики изменений зрачка (не менее 2 мм в обычных условиях освещенности и не более 5 мм в скотопических условиях), а также степени необходимой аддидации. Под аддидацией — «прибавкой для близи» — понимается разница в диоптриях в оптических

системах между зонами для зрения вдаль и для работы на близком расстоянии, что позволяет в определенной степени добиться хорошего зрения вдаль, вблизи, и на промежуточных (средних) расстояниях. Выбор необходимой аддидации проводился с учетом зрительных потребностей каждого индивидуума. Во время осмотра пациента за щелевой лампой оценивалось положение линзы на глазу (подвижность, центрация, наличие пузырьков воздуха под линзой и др.). Правильно подобранная линза должна располагаться на глазу центрально, свободно сдвигаться указательным пальцем через край нижнего века кверху и быстро возвращаться в исходное положение («push-up» тест). Далее пациенту отводилось время (не менее 15-20 минут), необходимое для «посадки» и адаптации линзы на глазу, а также время (10-15 минут), необходимое для оценки остроты зрения вблизи и комфортного чтения. После снятия линз оценивалось состояние роговицы и конъюнктивы. Исследование проводилось в свете щелевой лампы после инстилляцией флюоресцеина. Учитывались возможные изменения в роговице, вызванные применением МКЛ: уменьшение корнеальной чувствительности, изменение формы роговицы (небольшое уплощение), небольшой корнеальный отёк.

Необходимо отметить, что ранее часть пациентов использовали мягкие контактные линзы в повседневной жизни в течение определенного времени (от 1 года до 9 лет), в связи с чем период адаптации к ношению мультифокальных контактных линз практически отсутствовал.

После подбора МКЛ пациенту проводились тренировки на бинариметре по следующей методике: устанавливают каретку с тестами (двойными изображениями с маркировочными деталями, соответствующими отдельно правому и левому глазу) на расстоянии (N) = 5-10 см от глаз пациента, межтестовое расстояние (P) соответствует межзрачковому расстоянию. Задача пациента – фиксировать взгляд за плоскостью тестов. При этом возникает явление физиологическое двоения (пациент видит четыре тест-объекта). После этого, меняя расстояние между тест-объектами, достигают

относительно устойчивого восприятия бинокулярного зрительного образа (БЗО). Затем плавно уменьшают межтестовое расстояние. При тенденции к раздвоению БЗО, вновь увеличивают расстояние P , до получения устойчивого бинокулярного зрительного образа. Так, медленно и постепенно уменьшают P до минимально возможного. При этом стремятся достичь устойчивого видения БЗО. Когда данная задача решена, усложняют задание, медленно уменьшая расстояние от тестов до глаз пациента. Если получено устойчивое восприятие БЗО при минимальном P и расстоянии от глаз до тестов (N) = 20-10 см, можно приступить к решению следующей задачи – тренировке глубинного зрения. Изменяя межтестовое расстояние (P), изменяют удаленность БЗО в пространстве. Если пациент ощущает изменение удаленности БЗО от глаз, приступают к оценке пространственного зрительного восприятия. Для этого устанавливают каретку с тестами на расстоянии $N = 15$ см от глаз. В качестве объекта бификсации используют кольцо диаметром 10 см, установленное на расстоянии 50 см от глаз. Задача пациента – совместить БЗО с плоскостью кольца, изменяя расстояние P . Если пациент справляется с этой задачей, перемещают кольцо на расстояние 60 см от глаз и просят также совместить БЗО с плоскостью кольца (изменяя при этом межтестовое расстояние P). Последовательно повторяют исследование при расстоянии от глаз до объекта бификсации, равном 70, 80, 90, 100 см.

Следующим этапом занятий является тренировка аккомодационной способности. Для этого используют тесты с одинаковыми рисунками при постоянном расстоянии между тестами 30-40 мм. После появления у пациента устойчивого БЗО, каретку постепенно приближали к глазам пациента до потери четкости восприятия БЗО, а затем удаляли от глаз пациента также до потери четкости БЗО. Другим вариантом тренировки аккомодации на бинариметре является использование положительной и отрицательной оптики возрастающей силы с интервалом 0,5 диоптрий. При этом расстояние от тестов до глаз пациента не меняется, а силу корректирующих линз увеличивают так же до потери четкости восприятия

БЗО. Если четкость изображения не восстанавливается – начинают относительно быстро увеличивать расстояние Р (в пределах межзрачкового расстояния) до тех пор, пока не появится ощущение четкости всего бинокулярного зрительного образа. Повторяют так несколько раз.

После курса бинариметрии проводилось заключительное офтальмологическое обследование.

2.4. Статистическая обработка результатов

В рамках данной работы были использованы следующие виды **статистического анализа:**

- Описательная стандартная статистическая обработка данных исследований. Проведено вычисление средних значений, стандартное отклонение [14, 19, 27, 38, 51, 64, 76, 86, 95, 105].

- Сравнительный анализ с применением Т- критерия.

- Многофакторный дискриминантный анализ, позволяющий установить разницу между группами и выявить наиболее информативные показатели, по совокупности которых эти группы имеют достоверные различия.

Статистический анализ результатов исследования проводился с использованием пакета статистических прикладных компьютерных программ (Statistica 8.0).

ГЛАВА 3

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ С МИОПИЧЕСКОЙ РЕФРАКЦИЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРЕСБИОПИИ

Сильная несоразмерная рефракция, характерная для миопии, обуславливает снижение некорректируемой остроты зрения вдаль с сохранением достаточной остроты зрения на близком расстоянии даже у пациентов старше 40 лет при развитии пресбиопии. Однако, несмотря на сохранение остроты зрения вблизи без коррекции у лиц с миопической рефракцией при пресбиопии, субъективно отмечается ухудшение качества зрения, проявляющееся неустойчивым зрительным образом, зрительным напряжением и утомлением.

Вместе с этим, осевая миопия, как патологическое состояние, характеризуется сложным взаимодействием структурных компонентов и функциональных параметров зрительной системы между собой, а также дискоординацией и дезинтеграцией всех элементов, составляющих функциональную систему зрительного восприятия [11, 39, 82, 264].

Поэтому было предположено, что формирование пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией протекает по иному и имеет свои особенности, которые практически не исследованы. Отсутствие патогенетически обоснованной системы коррекции пресбиопии у пациентов с миопией приводит к субъективной неудовлетворенности пациентов качеством зрения, астенопическим жалобам и снижению качества жизни в целом.

Основной целью данного этапа исследования было изучение закономерностей изменения зрительной системы у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии.

Для реализации поставленной цели было проведено исследование структурно-функционального состояния зрительной системы у пациентов с неосложненной осевой миопией и пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией, с последующим сравнительным анализом полученных результатов.

В данной работе был применен комплекс углубленных исследований, основанных на использовании современных высокоразрешающих технологий, позволивших в полной мере отразить состояние и деятельность зрительной системы. Были детально изучены структурные параметры, оптические характеристики, аккомодационная способность глаза, зрительные функции. При этом использованы методы, позволяющие всесторонне охарактеризовать деятельность зрительной системы, как в монокулярных, так и бинокулярных условиях. Бинокулярное взаимодействие оценивалось в естественных условиях, с определением пространственных границ зоны бинокулярного взаимодействия [82] и стереозрения.

Для определения наиболее информативных показателей, характеризующих различия между пациентами молодого возраста и пациентами с пресбиопией на фоне миопической рефракции, был проведен дискриминантный анализ.

3.1. Структурные изменения зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии

3.1.1. Изменение анатомических параметров глаза у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии

Основной характеристикой осевой неосложненной миопии является увеличение размеров глазного яблока, что и определяет наличие сильной несоразмерной (миопической) рефракции.

При формировании пресбиопии у пациентов с миопией выявлены изменения большинства показателей, характеризующих анатомические параметры внутренних структур глаза (таб.1).

Таблица 1 - Структурные изменения зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии ($M \pm s$)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Длина переднезадней оси (ПЗО), мм	24,51±0,64	24,50±0,96	-
Глубина передней камеры, мм	3,56±0,20	3,29±0,22	<0,0001
Толщина хрусталика, мм	3,66±0,39	4,24±0,28	<0,0001
Денситометрическая плотность хрусталика, отн. ед.	0,10±0,01	0,64±0,11	<0,001
Диаметр зрачка в фотопических условиях, мм	5,09±0,79	3,96±0,87	<0,0001
Диаметр зрачка в скотопических условиях, мм	6,74±0,77	5,20±0,87	<0,0001
Толщина роговицы, мкм	552,33±27,15	546,79±26,90	-
Толщина цилиарного тела, верхний квадрант, мм	0,86±0,38	0,65±0,38	<0,001
Толщина цилиарного тела, внутренний квадрант, мм	0,84±0,41	0,63±0,36	<0,01
Толщина цилиарного тела, нижний квадрант, мм	0,86±0,42	0,64±0,39	<0,01
Толщина цилиарного тела, наружный квадрант, мм	0,86±0,41	0,64±0,38	<0,01
Длина передней порции цинновой связки, верхний квадрант, мм	1,44±0,25	1,28±0,18	<0,0001
Длина передней порции цинновой связки, внутренний квадрант, мм	1,33±0,20	1,27±0,14	<0,01

Продолжение таблицы 1

Длина передней порции цинновой связки, нижний квадрант, мм	1,44±0,21	1,32±0,17	<0,001
Длина передней порции цинновой связки, наружный квадрант, мм	1,36±0,19	1,25±0,16	<0,001
Дистанция «трабекула-цилиарные отростки», верхний квадрант, мм	1,14±0,38	1,35±0,17	<0,001
Дистанция «трабекула-цилиарные отростки», внутренний квадрант, мм	1,14±0,35	1,34±0,13	<0,0001
Дистанция «трабекула-цилиарные отростки», нижний квадрант, мм	1,13±0,36	1,32±0,11	<0,001
Дистанция «трабекула-цилиарные отростки», наружный квадрант, мм	1,14±0,35	1,32±0,13	<0,001
Угол примыкания «трабекула-радужка», верхний квадрант, град	40,42±8,65	31,54±6,21	<0,0001
Угол примыкания «трабекула-радужка», внутренний квадрант, град	46,66±13,60	36,73±4,53	<0,0001
Угол примыкания «трабекула-радужка», нижний квадрант, град	44,46±13,18	35,09±5,94	<0,0001
Угол примыкания «трабекула-радужка», наружный квадрант, град	46,19±11,75	36,62±6,17	<0,0001

Анализ полученных данных, представленных в таблице, показал, что с возрастом у пациентов с миопической рефракцией происходит увеличение размера хрусталика на 16%, сопровождающееся усилением его плотности более чем в 6 раз. Соответственно этому наблюдается уменьшение глубины передней камеры.

Выявлены изменения состояния зрачковой диафрагмы, отвечающей за регуляцию светового потока: отмечено повышение тонуса зрачкового сфинктера на 21% в фотопических и на 23% в скотопических условиях освещенности. Кроме этого, наблюдается не только уменьшение диаметра зрачка, но и снижение (на 24%) диапазона максимального зрачкового ответа при изменении величины светового потока. Данное явление можно рассматривать, как следствие изменения вегетативной иннервации с возрастом [252] и изменения структуры радужной оболочки.

В данном исследовании была проведена оценка толщины цилиарного тела (ТЦТ), длины передней порции цинновой связки (ДППЦС), дистанции «трабекула-цилиарные отростки» (ДТЦО), угла примыкания корнеосклеральной трабекулы и корня радужки (УП) в 4 сегментах, как основных перилентикулярных структур, участвующих в процессе аккомодации.

Выявлено, что у лиц с миопической рефракцией молодого возраста существует определенная асимметрия внутренних анатомических структур в различных квадрантах.

Так, у пациентов с миопией молодого возраста, наряду с симметричными показателями толщины цилиарного тела в верхнем, нижнем, наружном квадранте, отмечается некоторое уменьшение толщины цилиарного тела во внутреннем квадранте. Незначительная асимметрия присутствует и в дистанции «трабекула-цилиарные отростки», где наименьшая ДТЦО наблюдается в нижнем квадранте. Выраженная асимметрия выявлена при исследовании длины передней порции цинновой связки: в верхнем и нижнем квадранте ДППЦС больше, чем во внутреннем и наружном квадрантах. Угол примыкания «трабекула-радужка» наименьшее значение имел в верхнем квадранте.

В отличие от лиц с миопией в молодом возрасте, у пациентов с пресбиопией наблюдается дальнейшее усугубление исходной интраокулярной асимметрии.

Из таблицы видно, что у пациентов с пресбиопией, по сравнению с лицами молодого возраста, во всех квадрантах наблюдается укорочение передней порции цинновой связки от 5% (во внутреннем квадранте) до 11% (в верхнем квадранте), уменьшение толщины цилиарного тела на 24-27%, а также увеличение расстояния между трабекулой и цилиарными отросткам в 1,2 раза, уменьшение угла примыкания «трабекула-радужка» на 21-22%.

Как видно на представленном рисунке 1, у пациентов с миопией и пресбиопией происходит перераспределение взаимоотношений структур

иридо-цилиарно-трабекулярной зоны, при этом исходная асимметрия значительно усиливается. Для наглядности полученные изменения представлены в виде кинематической (упрощенной) схемы (рис.9), на которой в виде стрелок отражены достоверные различия, сравниваемых межмеридианальных показателей в четырех сегментах глазного яблока: верхнем, нижнем, наружном и внутреннем. Видно, что у пациентов с пресбиопией происходит увеличение статистически значимых ($p < 0,005$) различий в параметрах толщины цилиарного тела и угла примыкания «трабекула-радужка».

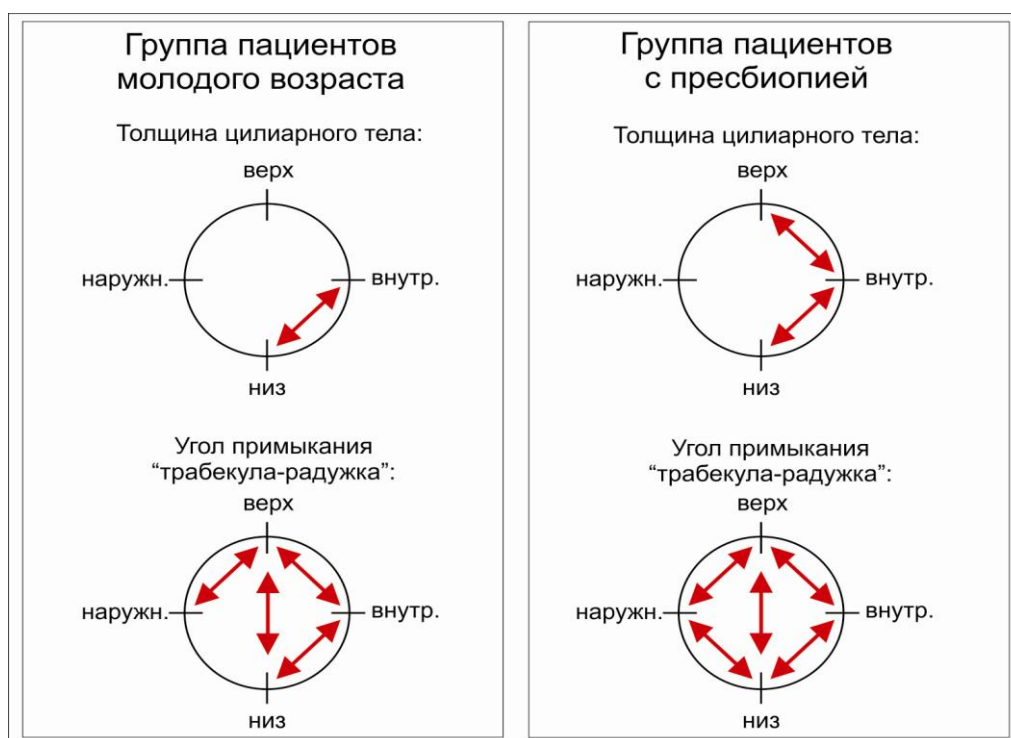


Рисунок 9 – Картина асимметрии структур переднего отрезка глаза у пациентов с миопией по данным ультразвуковой биомикроскопии. Стрелками обозначены квадранты, между исследуемыми параметрами которых выявлена статистически достоверная разница.

3.1.2. Изменение офтальмотонуса у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии

Учитывая выраженные изменения анатомических структур, ответственных за продукцию и отток внутриглазной жидкости - цилиарного

тела, трабекулярной зоны, топографические изменения передней камеры, проведена оценка показателей офтальмотонуса.

Из представленных в таблице 2 данных видно, что при формировании пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, происходит повышение абсолютных значений ВГД, снижение коэффициента легкости оттока внутриглазной жидкости (коэффициент С), а также коэффициента Беккера (соотношение истинного внутриглазного давления к коэффициенту С). Вместе с тем, гидродинамические параметры находятся в пределах физиологически нормальных значений [9, 28, 59, 68, 92]. Поэтому сдвиг в показателях офтальмотонуса можно рассматривать, как свидетельство функциональных изменений, характерных для пациентов с пресбиопией.

Таблица 2 - Гидродинамические показатели зрительной системы у пациентов с неосложненной миопией при формировании пресбиопии (M±s)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Внутриглазное давление (ВГД), мм.рт.ст.	17,93±1,99	18,63±1,39	<0,05
Коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости	0,39±0,13	0,31±0,11	<0,001
Коэффициент Беккера (P ₀ /C)	59,01±15,53	45,59±27,15	<0,01

3.1.3. Изменение параметров оптической системы у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии

Состояние биологической оптической системы глаза имеет важное значение, т.к. определяет условие для формирования зрительного образа. На современном этапе знаний оптическую систему глаза правомерно рассматривать с позиций наличия аберраций не только низшего, но и высшего порядков, т.е. всех искажений и погрешностей, присутствующих в заданной оптической системе. Для математического описания аберраций

волнового фронта в исследовании использовались серии полиномов Zernike. В идеальной теоретической оптической системе aberrации отсутствуют (равны 0). Полиномы первого и второго, т. е. низших порядков, обрисовывают такие оптические aberrации, как дефокус и астигматизм. К клинически важным aberrациям 3 и 4 порядка относятся вертикальная кома, горизонтальная кома и сферическая aberrация. В основе формирования комы лежит асимметрия разделов оптики глаза, в результате чего оптический центр роговицы не совпадает по оси с оптическим центром хрусталика и фовеолой [20]. Сферическая aberrация 4-ого порядка в основном обусловлена тем, что периферия хрусталика преломляет падающие на нее параллельные лучи сильнее центра [13, 286].

Результаты исследований aberrаций зрительной системы, полученные с помощью ротационной Шеймпфлюг камеры с одновременным лазерным сканированием глазного яблока, представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Aberrации зрительной системы у пациентов с неосложненной миопией при формировании пресбиопии ($M \pm s$)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Общий волновой фронт оптических aberrаций	0,390±0,081	0,523±0,200	<0,0001
Призма (aberrации 1-го порядка), Z_1^{-1}	0,356±0,231	0,266±0,250	<0,05
Дефокус (aberrации 2-го порядка), Z_2^0	0,567±0,220	0,937±0,451	<0,0001
Вертикальная кома (aberrации 3-го порядка), Z_3^{-1}	0,131±0,101	0,087±0,082	<0,05
Горизонтальная кома (aberrации 3-го порядка), Z_3^1	0,062±0,041	0,080±0,081	<0,01
Сферическая (aberrации 4-го порядка) Z_4^0	0,152±0,060	0,195±0,0,091	<0,01

Видно, что при развитии пресбиопии у пациентов с миопией наблюдается повышение значений общего волнового фронта оптических aberrаций в среднем на 34%, что обуславливает увеличение явлений

рассеивания светового потока и рост числа рефракционных ошибок. При этом происходит увеличение значений aberrаций как низшего, так и высшего порядка. Выявлено, что с возрастом, несмотря на некоторое уменьшение значения призмы и вертикальной комы, происходит значительный рост оптических aberrаций 2-го порядка (дефокуса) на 65% и сферических aberrаций на 28%.

Таким образом, изменение структур глазного яблока при формировании пресбиопии сопровождается изменением оптического аппарата глаза, увеличением оптических aberrаций, что существенно усложняет возможность получения качественного зрительного образа.

В целом, исследование изменений интраокулярных структур, офтальмотонуса, оптических aberrаций показало, что у пациентов с миопией при формировании пресбиопии, при сохранении неизменных внешних границ глазного яблока, происходят значимые изменения топографо-анатомических взаимоотношений внутренних структур всего иридо-цилиарно-хрусталикового комплекса. Т.е., перемены касаются всех компонентов, ответственных за динамическую рефракцию: хрусталика и его подвешивающего аппарата, цилиарного тела, радужной оболочки, зрачка. Выявлено, что существующие при миопии у лиц молодого возраста иррегулярность и асимметрия толщины цилиарного тела и угла примыкания «трабекула-радужка» становится более выраженной при формировании пресбиопии. Кроме того, отмечается значимое изменение фронта оптических aberrаций за счет нарастания оптических погрешностей 2-го и 4-го порядка. Иными словами, формирование пресбиопии происходит в результате изменения целого комплекса сложноподчиненных взаимоотношений, как хрусталика, так и структур всего переднего отрезка глаза.

3.2. Изменение функционального состояния зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии

На следующем этапе работы в процессе исследования изменений зрительных функций у пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией, было предположено, что определённую роль в формировании зрительных нарушений у пациентов с пресбиопией играют изменения бинокулярных взаимоотношений. Поэтому исследование зрительных функций проводилось как в монокулярных, так и бинокулярных условиях деятельности зрительной системы.

3.2.1. Изменение зрительных функций у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии в условиях монокулярной деятельности зрительной системы

Первоначально было проанализировано функциональное состояние зрительной системы у пациентов с миопией в двух возрастных группах в монокулярных условиях. Исследование монокулярных зрительных функций включало в себя как субъективные методы оценки центрального зрения (визометрия, ЭФИ), так и методики, позволяющие объективно оценить функциональную активность колбочкового аппарата и системы нейропроведения (ЗВП, ЭРГ).

При проведении сравнительного анализа субъективных параметров, характеризующих деятельность зрительной системы у лиц с миопией молодого возраста и пациентов с пресбиопией и миопической рефракцией, был выявлен сдвиг по большинству параметров (таб.4).

Таблица 4 - Исследование функций зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии в монокулярных условиях ($M \pm s$)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Ближайшая точка ясного видения (PP), см	11,19±7,26	56,10±14,34	<0,0001
Острота зрения вдаль, без коррекции, монокулярно, ед.	0,17±0,21	0,16±0,11	>0,05
Острота зрения вдаль с коррекцией, монокулярно, ед.	0,97±0,06	0,97±0,03	>0,05
Острота зрения вблизи без коррекции, монокулярно, ед.	0,99±0,03	0,45±0,14	<0,001
Острота зрения вблизи с коррекцией для дали, монокулярно, ед.	0,98±0,19	0,39±0,01	<0,001
Острота зрения на среднем расстоянии без коррекции, монокулярно, ед.	0,65±0,09	0,51±0,11	<0,001
Острота зрения на среднем расстоянии с коррекцией для дали, монокулярно, ед.	0,99±0,08	0,48±0,05	<0,001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 3 цикл/град, отн.ед.	5,24±0,68	4,77±0,74	<0,001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 6 цикл/град, отн.ед.	5,74±0,69	5,22±0,79	<0,001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 9 цикл/град, отн.ед.	6,12±0,88	5,62±0,25	<0,05
Пространственная контрастная чувствительность, частота 12 цикл/град, отн.ед.	6,17±0,82	5,79±1,01	<0,05
Пространственная контрастная чувствительность, суммарно, отн.ед.	23,28±2,14	20,31±1,31	<0,001
Световая чувствительность сетчатки, Дб	24,91±1,28	24,85±1,05	<0,05
Фосфен, мкА	85,17±21,21	92,68±19,58	<0,01
Лабильность, Гц	38,29±4,27	38,05±4,60	<0,05
Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ), Гц	34,83±4,69	33,68±4,22	<0,05

Учитывая, что зрительные нарушения у пациентов с миопией обусловлены наличием несоразмерной сильной рефракции, было выявлено, что у пациентов в молодом возрасте высокие показатели остроты зрения могут быть получены при полной оптической коррекции рефракционных нарушений. В соответствии с этим, как видно в представленной таблице, у пациентов молодого возраста острота зрения вдаль без коррекции была практически в 7 раз хуже корригированной остроты зрения. В то же время, сильная миопическая рефракция обусловила достижение высокой остроты зрения вблизи без дополнительной коррекции.

У пациентов с аналогичной рефракцией и пресбиопией отмечено более чем двукратное снижение монокулярной остроты зрения (с коррекцией для дали) вблизи и на среднем расстоянии, что является признаком дефицита аккомодации. У пациентов с пресбиопией отмечено более чем двукратное снижение абсолютной аккомодации, о чём свидетельствует пятикратное увеличение ближнего фокусного расстояния, т.е. расстояния до той точки на зрительной оси, на которой рассматриваемые объекты четко проецируются на светочувствительный аппарат, что является основным признаком утраты аккомодационной способности. При этом происходит снижение монокулярной остроты зрения не только на ближнем расстоянии, но и на среднем расстоянии (в среднем на 22 %).

Также видно, что у пациентов с пресбиопией снижена пространственная контрастная чувствительность зрительного анализатора, которая отражает способность зрительной системы к определению минимального контраста изображений различных размеров. Происходит снижение суммарной пространственной контрастной чувствительности на 12%. При этом наиболее существенное снижение контрастной чувствительности отмечено на пространственной частоте 3 и 6 цикл/град (на 9 и 9,2%).

Определение светочувствительности методом статической периметрии является одним из наиболее информативных и чувствительных исследований

в офтальмологии, позволяющих определять порог световой чувствительности по всему полю зрения пациента. Со стороны светочувствительности сетчатки следует сказать, что ее пороговые значения у всех пациентов в обеих группах ниже на 5-6 Дб, что соответствует данным литературы о пространственном распределении чувствительности при миопии. [91]. Сравнительный анализ результатов со стороны светочувствительности, КЧСМ, электрического фосфена, лабильности зрительного нерва значительных изменений у пациентов с миопией и пресбиопией в сравнении с аналогичными данными у пациентов с миопией в молодом возрасте не выявил значительных изменений.

Методика регистрации электроретинографии (ЭРГ) проводилась согласно стандартам ISCEV и включала в себя максимальную, или общую ЭРГ, характеризующую функцию палочковой и колбочковой систем, фотопическую или колбочковую, ЭРГ, отражающую функцию колбочек, скотопическую ЭРГ, представляющую функцию палочек, а также ритмическую ЭРГ, отражающую функцию колбочковой системы и осцилляторные потенциалы, происхождение которых связывают с амакриновыми клетками и межрецепторными связями во внутренних слоях сетчатки. Результаты ЭРГ и ЗВП представлены в таблице 5.

Таблица 5- Параметры электрической активности сетчатки и зрительного нерва у пациентов с неосложненной миопией при формировании пресбиопии ($M \pm s$)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Зрительные вызванные потенциалы, время,	112,24±23,31	118,35±18,21	<0,05
Зрительные вызванные потенциалы, амплитуда	28,62±27,81	25,09±21,80	<0,01

ЭРГ время волны В, мс	96,44±24,21	97,15±27,11	<0,05
ЭРГ амплитуда волны В, мкВ	152,62±134,39	133,32±131,10	<0,01
ЭРГ максимальная, волна А, латентность, мс	23,70±1,86	25,72±6,48	<0,05
ЭРГ максимальная, волна А, амплитуда, мкВ	87,14±22,65	76,37±30,35	<0,05
ЭРГ максимальная, волна В, латентность, мс	44,93±5,29	45,95±3,96	<0,05
ЭРГ максимальная, волна В, амплитуда, мкВ	211,37±61,14	225,05±58,31	<0,01
Осцилляторные потенциалы, амплитудный индекс, мкВ	34,56±11,27	26,64±7,33	<0,0001
ЭРГ, колбочковый ответ, волна А, латентность, мс	15,43±2,59	17,07±2,36	<0,001
ЭРГ, колбочковый ответ, волна А, амплитуда, мкВ	7,99±3,40	8,55±3,61	<0,01
ЭРГ, колбочковый ответ, волна В, латентность, мс	26,87±1,19	27,91±3,35	<0,05
ЭРГ, колбочковый ответ, волна В, амплитуда, мкВ	65,01±18,47	59,29±24,15	<0,001
ЭРГ ритмическая, мкВ	19,12±5,64	16,90±4,38	<0,05

Из таблицы видно, что у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии отмечается уменьшение электрической активности палочек и колбочек в ответ на световое раздражение. Наиболее выраженные изменения были выявлены при регистрации осцилляторных потенциалов (снижение амплитуды на 22% в среднем), а также снижение амплитуды ЗВП (в среднем на 12%), амплитуды волны В палочкового ответа (в среднем на 12%). Отмечено, что с возрастом происходит замедление электрического ответа на 2-10% в зависимости от вида проводимой ЭРГ. Результаты исследования электрической активности сетчатки и нейропроведения свидетельствуют о снижении функциональной биоэлектрической активности биполяров, клеток Мюллера и взаимодействия

клеточных элементов во внутренних слоях сетчатки, а также об инволюционных деградационных процессах в системе нейрорепродукции.

3.2.2 Изменение бинокулярного взаимодействия у пациентов с миопической рефракцией при формировании пресбиопии

В ходе филогенеза развитие бинокулярного зрения является наиболее молодым механизмом зрительного восприятия, представленном в животном мире. Бинокулярное зрение у человека обеспечивается скоординированной деятельностью сенсорных, моторных и проприоцептивных механизмов двух монокулярных систем [6, 41, 42, 89, 90, 108, 260]. Результатом бинокулярного сотрудничества является объемный зрительный образ, намного превосходящий по своему качеству монокулярный.

Бинокулярное взаимодействие у пациентов с пресбиопией оценивалось на основании результатов анализа бинокулярного слияния (фузии) и характеристик мнимого бинокулярного образа, «являющемся мерой бинокулярного зрения» [102], границ поля, в пределах которого возможно фузионное слияние диспаратных точек в зоне Панума и получение сингулярного восприятия бинокулярного образа. Помимо этого проведен анализ состояния аккомодационного ответа в бинокулярных условиях, бинокулярной остроты зрения и патентного стереоопсиса.

В таблице 6 представлены результаты деятельности зрительной системы в бинокулярных условиях.

Таблица 6-Функциональные параметры деятельности зрительной системы у пациентов с осевой неосложненной миопией при формировании пресбиопии в бинокулярных условиях($M \pm s$)

Параметры	Пациенты молодого возраста N=30	Пациенты с пресбиопией N=30	P (Критерий М-Уитни)
Острота зрения вдаль с коррекцией, бинокулярно, ед.	1,11±0,05	0,99±0,02	<0,05

Острота зрения вблизи с коррекцией для дали, бинокулярно, ед.	0,99±0,02	0,41±0,09	<0,0001
Острота зрения на среднем расстоянии с коррекцией для дали, бинокулярно, ед.	1,02±0,06	0,52±0,04	<0,001
Запас относительной аккомодации, Дптр	7,37±1,77	0,76±0,35	<0,0001
Ближняя граница условного фузионного поля N1, 10 ⁻² м	11,34±5,06	21,52±7,39	<0,0001
Дальняя граница условного фузионного поля N2, 10 ⁻² м	73,72±17,81	41,25±5,89	<0,0001
Медиальная граница условного фузионного поля P1, 10 ⁻² м	28,82±10,46	35,01±6,14	<0,001
Латеральная граница условного фузионного поля P2, 10 ⁻² м	63,37±14,30	51,14±8,92	<0,0001
Длина фузионного поля, 10 ⁻² м	64,9±16,4	18,7±7,8	<0,0001
Ширина фузионного поля, 10 ⁻³ м	31,1±11,9	20,9±5,7	<0,0001
Площадь фузионного поля, 10 ⁻² м	208,58±98,92	32,44±4,17	<0,0001
Стереотест Ланга, максимально %	1137,93±184,32	1069,41±232,41	<0,0001

Выявлено, что при формировании пресбиопии происходит снижение процессов бинокулярной суммации. Если у лиц молодого возраста бинокулярная острота зрения превалирует над монокулярной в среднем на 13%, то у пациентов с пресбиопией происходит нивелирование этой разницы. Также, у пациентов с пресбиопией отмечено семикратное уменьшение запаса относительной аккомодации.

Следует отметить, что при аметропии наиболее чувствительным методом, позволяющим дать количественную оценку уровня бинокулярного взаимодействия, является анализ характеристик мнимого зрительного образа, «являющегося мерой бинокулярного зрения» [102].

Для более полной оценки степени бинокулярного взаимодействия было проведено измерение площади бинокулярного взаимодействия по оригинальной методике, предложенной в ИФ МНТК «Микрохирургия глаза»

с построением карт бинокулярности 2D [117], что позволило более объективно представить параметры фузионного поля у пациентов с миопией.

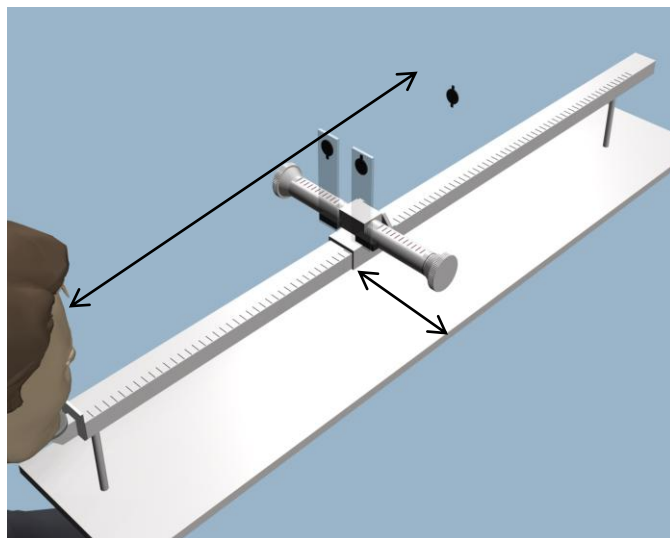


Рисунок 10 – Методика определения амплитудных границ фузионного поля в пространстве

Определение площади фузионного поля проводилось в условиях свободной гаплоскопии (рис.10). При предъявлении парных тест-объектов добиваются физиологического двоения и слияния двойных изображений для получения бинокулярного мнимого зрительного образа. Затем измеряются два расстояния между тест-объектами в крайних отведениях, в пределах которых возможно устойчивое восприятие полученного бинокулярного мнимого образа. Первое расстояние находится в горизонтальной плоскости. Второе расстояние между тестами фиксируется в сагиттальной плоскости на протяжении 1 метра от глаз исследуемого пациента, с интервалом 5 см. Результаты исследования заносились на сетку с делениями, на следующем этапе производился расчёт площади фузионного поля S в см^2 .

Было установлено, что у пациентов с миопией при формировании пресбиопии происходит значительное уменьшение границ поля, в пределах которого возможно слияние двойных изображений. Если у пациентов с миопией молодого возраста ближняя граница фузионного рефлекса

находилась в пределах от 5 до 20 см от глаз обследуемых лиц, то у пациентов с пресбиопией – от до 10 до 40 см (рис.11 и 12). Со стороны дальних границ фузионного поля также отмечаются явления регресса: у лиц молодого возраста значения находились в пределах от 40 до 100 см, а у лиц с пресбиопией – от 27 до 55 см. Как следствие, происходит уменьшение длины поля бинокулярного взаимодействия в среднем на 69 %.

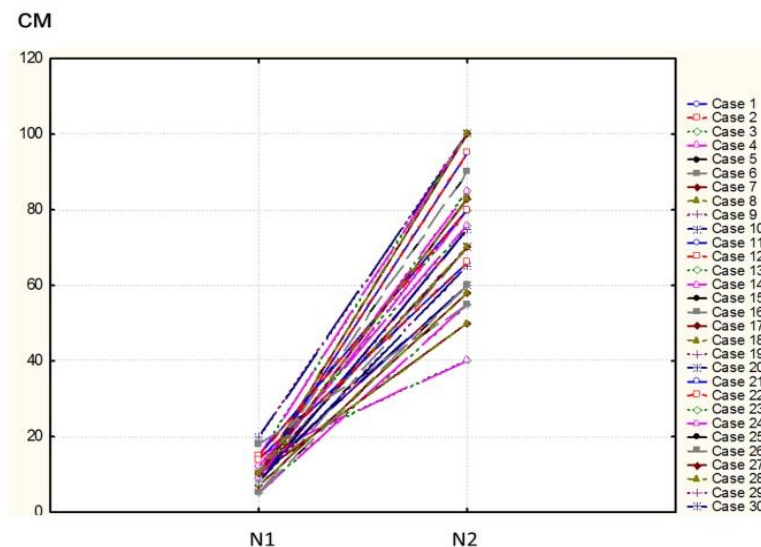


Рисунок 11 – Распределение индивидуальных значений ближней (N1) и дальней (N2) границ условного фузионного поля у пациентов молодого возраста с миопией

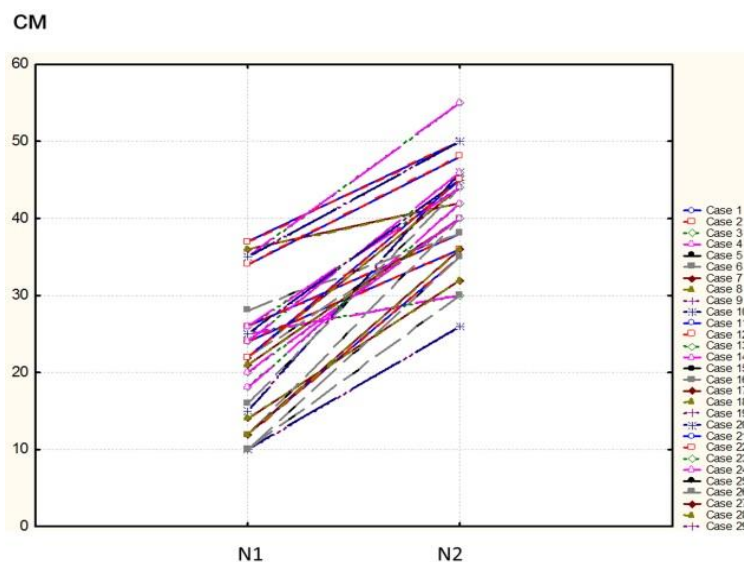


Рисунок 12 – Распределение индивидуальных значений ближней (N1) и дальней (N2) границ условного фузионного поля у пациентов молодого возраста с миопией и пресбиопией

Со стороны ширины условного фузионного поля отмечено уменьшение на 34 % в среднем. В целом, изменение границ фузионного рефлекса сопровождается 6-кратным уменьшением площади бинокулярного поля - т.е. той зоны, в пределах которой возможно слияние двойных изображений. Регресс площади бинокулярного взаимодействия был связан с уменьшением в большей степени длины условного фузионного поля, чем ширины. При этом отмечена утрата бинокулярного слияния на средних расстояниях – дальняя граница фузионного поля уменьшена в среднем на 45% (рис.13).

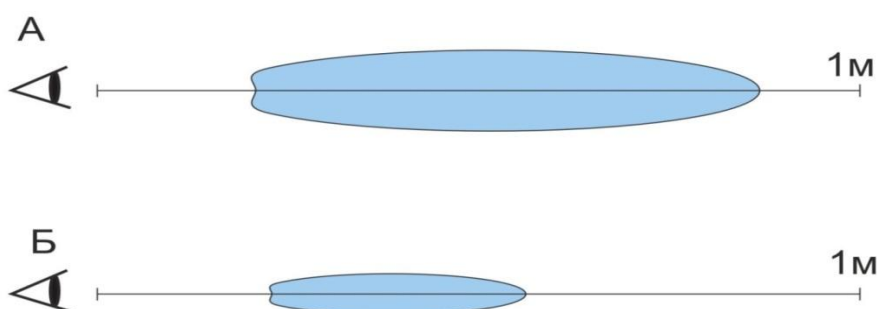


Рисунок 13 – Схематичное изображение площади бинокулярного поля.

А - Пациенты молодого возраста с миопией.

Б - Пациенты с пресбиопией и миопией

Вместе с тем, способность к стереовосприятию у пациентов старшей возрастной группы остается на высоком уровне.

Таким образом, результаты исследований феномена бинокулярного взаимодействия свидетельствуют о явлениях депрессии процессов бинокулярной суммации, наиболее ярко проявляющихся в угнетении фузионной способности, преимущественно на среднем расстоянии.

3.3. Выявление механизмов формирования пресбиопии у пациентов с осевой неосложненной миопией с помощью многомерного статистического анализа

Из представленных результатов видно, что возрастное снижение аккомодационной способности при формировании пресбиопии неразрывно

связано с целым рядом структурно-функциональных изменений зрительного анализатора. Поэтому для выявления наиболее информативных критериев, характеризующих различия зрительной системы в ходе развития пресбиопии, был проведен многофакторный дискриминантный анализ.

Пошаговый дискриминантный анализ (вперед пошагово или назад пошагово) — это метод дискриминантного анализа, в котором параметры вводятся или исключаются последовательно, в зависимости от их информативности по F-критерию. В ходе проведенного анализа все параметры предварительно были стандартизованы. Затем была проведена проверка толерантности классификации, построена классификационная матрица отнесения обследуемых пациентов в группы, и определен суммарный показатель правильной классификации. Проведен расчет линейной классификационной функции и меры Махаланобиса.

Ниже представлено уравнение канонической величины, отражающее совокупность наиболее информативных показателей, согласно которой зрительная система пациентов с миопией и пресбиопией достоверно отличается от таковой у пациентов с миопией молодого возраста.

$$K1-2=0,32-0,41X1-0,86X2-1,39X3-0,97X4,$$

где: $X1$ - диаметр зрачка в скотопических условиях освещенности,

$X2$ – дальняя граница фузионного поля,

$X3$ – положительная часть запаса относительной аккомодации

$X4$ – отрицательная часть запаса относительной аккомодации.

Суммарный коэффициент распределения = 100%; $F(4, 81)=180,51$
 $p<0,0001$.

Среднее значение канонической величины для пациентов с миопией молодого возраста составило (-) 2,05, а для пациентов с миопией и пресбиопией (+) 4,25 ($p<0,001$). Мера Махаланобиса между данными группами является достоверной и равной $D2=39,65$, ($p<0,0001$).

Был выявлен высокий уровень дискриминирования исследуемых групп (100%). Совокупность наиболее информативных показателей,

которые различают процессы изменений зрительной системы у лиц молодого возраста и зрелого возраста, представлены в таблице 7. Исходя из показателей толерантности, все представленные функции являются независимыми (ортогональными), и их вклады в разделение совокупностей не перекрываются.

Таблица 7- Совокупность наиболее информативных составляющих для дискриминации лиц молодого возраста и пациентов с пресбиопией

Переменные	F-критерий	p-уровень	Вклад в дискриминацию
Диаметр зрачка в скотопических условиях, мм	6,123	0,0154	11%
Дальняя граница условного фузионного поля N2, см	27,442	0,0000	27%
Объем относительной аккомодации, положительная часть, Дптр	30,305	0,0000	38%
Объем относительной аккомодации, отрицательная часть, Дптр	12,517	0,0007	27%

Видно, что наиболее информативным показателем, отражающим изменения зрительной системы при пресбиопии, является объём относительной аккомодации, который значительно снижается у пациентов с пресбиопией. Полученные результаты подтверждают ранее известные данные о развитии механизма пресбиопии.

Кроме того, впервые было установлено, что весомый вклад (27%) в совокупность процессов трансформации зрительной системы при

пресбиопии вносит снижение диспаратной фузионной способности зрительного анализатора на среднем расстоянии.

Интересными полученными результатами являются данные об изменении зрачковой экскурсии в скотопических условиях освещенности при пресбиопии у лиц с миопической рефракцией. Таким образом, уменьшение диаметра зрачка у лиц с миопической рефракции при пресбиопии может рассматриваться как приспособительная реакция зрительной системы, наряду со снижением аккомодационной способности глаза.

В целом, выявлены наиболее значимые закономерности формирования патологических процессов при развитии пресбиопии. К ним относятся: повышение тонуса зрачкового сфинктера при скотопических условиях освещения (11%), дефицит диспаратной фузионной способности на среднем расстоянии (27%), величина запаса относительной аккомодации – его положительная часть (38%) и отрицательная часть (27%).

Таким образом, результаты многофакторного дискриминантного анализа позволили выявить наиболее важные механизмы формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией, которые являются результатом изменения трех основных компонентов: аккомодации, диспаратной фузионной способности и диафрагмальной функции зрачка.

В целом, на основании всей совокупности представленных в этой главе результатов проведенных исследований была разработана концептуальная схема включения патогенетических механизмов формирования пресбиопии (рис.14).

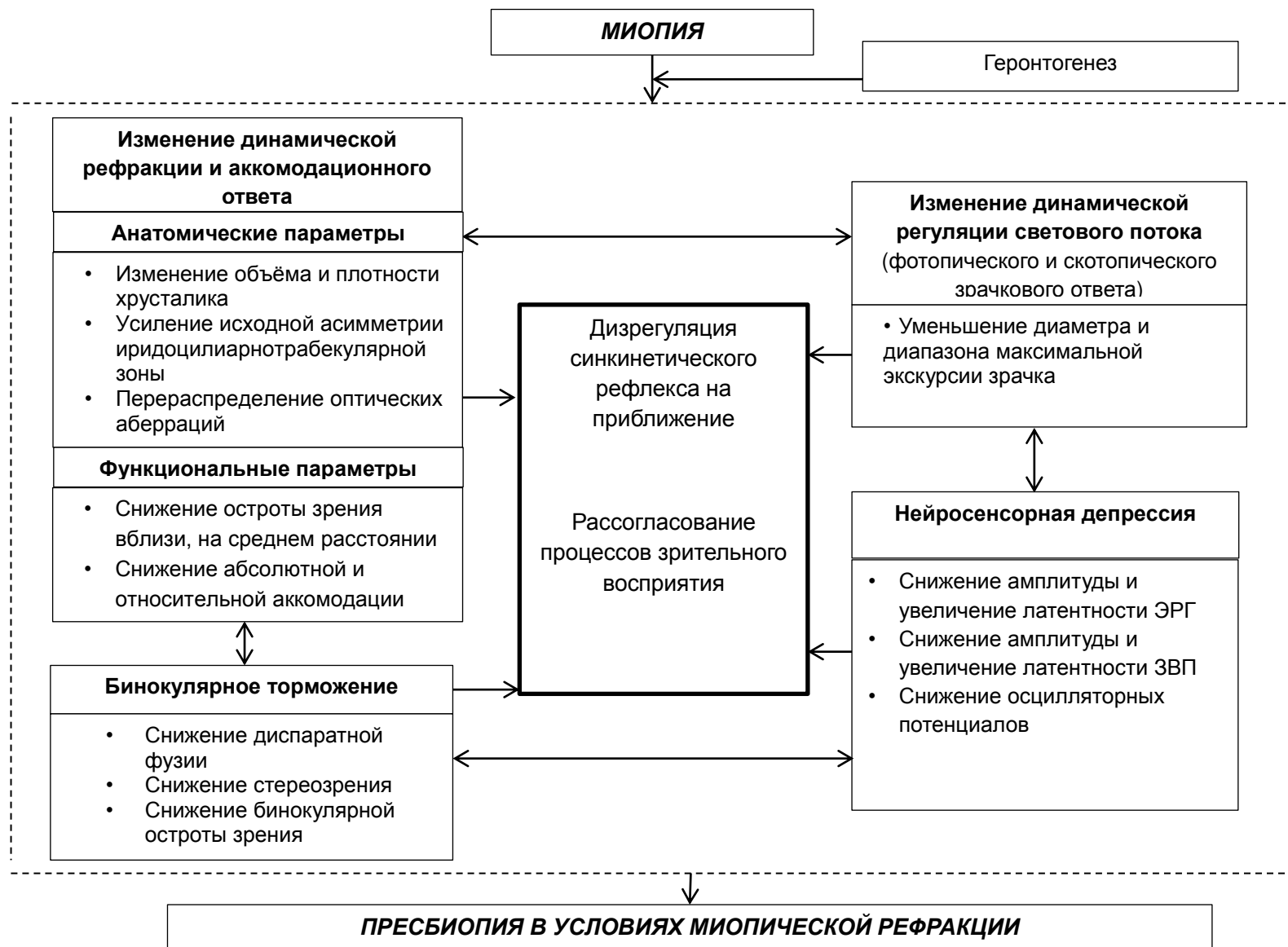


Рис.14. — Концептуальная схема включения патогенетических механизмов в процесс формирования пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией

На схеме отображено, что в результате геронтогенеза у пациентов с миопией происходят выраженные топографо-анатомические изменения взаимоотношений всех структур переднего отрезка глаза, участвующих в процессе аккомодации. Наряду со снижением эластичности хрусталика, усиливаются иррегулярность и межмеридиональная асимметрия иридоцилиарно-трабекулярной зоны, характерная для миопического глаза. Одновременно с этим происходят изменение оптических свойств глазного яблока и рост рефракционных ошибок, снижение аккомодационного ответа и ухудшение разрешающей способности глаза, что сопровождается повышением тонуса зрачкового сфинктера преимущественно при скотопическом освещении, снижением диапазона максимального зрачкового ответа при изменении ретинальной освещённости. Указанные изменения сопровождаются дисфункцией нейросенсорной депрессией. Уменьшение пределов диспаратной фузии указывает на дизрегуляцию синкинетического рефлекса на приближение и усугубление ретинального дефокуса. В связи с этим разрушается согласованная деятельность всех механизмов зрительного восприятия, сформированная в молодом возрасте у пациентов с миопией.

В целом, развитие пресбиопии в условиях миопической рефракции характеризуется разбалансированием деятельности зрительной системы с устойчивыми признаками экспансии процессов внутрисистемной дизрегуляции [71, 72].

Поэтому, лечебные мероприятия по коррекции пресбиопии, возникшей в условиях миопической рефракции, должны быть направлены не только на устранение оптического дефокуса, но и на восстановление согласованной деятельности всех механизмов зрительного восприятия.

ГЛАВА 4

ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С МИОПИЕЙ И ПРЕСБИОПИЕЙ

Как было показано в главе 3, одним из ведущих звеньев патогенеза пресбиопии является утрата аккомодационной способности, что выражается в отсутствии способности динамически управлять рефракцией, в снижении остроты зрения.

Поэтому с целью компенсации утраченной возможности фокусировать видимые предметы на различных расстояниях 28 пациентам с пресбиопией, сформированной на фоне миопической рефракции, была проведена мультифокальная контактная коррекция. Основным принципом мультифокальной контактной коррекции является распределение светового потока по трем концентрическим рефракционным зонам, фокусирующим видимое изображение вблизи, на среднем расстоянии и вдаль. Центральная зона фокусирует световой поток вблизи, переходная – на среднем расстоянии, периферическая – вдаль (рис.15).

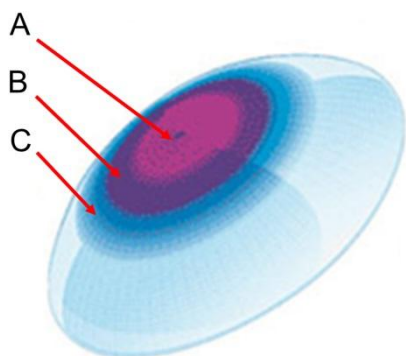


Рисунок 15 – Схема мультифокальной контактной линзы

A - оптическая зона для близи

B - оптическая зона для промежуточных (средних) расстояний

C - оптическая зона для дали

Для коррекции пресбиопии у пациентов с миопией использовались мультифокальные силикон-гидрогелевые контактные линзы Air Optix (CibaVision). При подборе мультифокальных КЛ учитывались следующие параметры: величина сферэквивалента с учетом вертексной поправки, величина зрачка в естественных условиях освещения, степень необходимой аддидации. Под аддидацией — «прибавкой для близи» — понимается разница в диоптриях в оптических системах между зонами для зрения вдаль и для работы на близком расстоянии, что позволяет в определенной степени добиться хорошего зрения вдаль, вблизи, и на промежуточных (средних) расстояниях. Выбор необходимой аддидации проводился с учетом зрительных потребностей каждого индивидуума. Оценка посадки контактных линз проводилась по стандартной методике. Все пациенты, подвергшиеся мультифокальной контактной коррекции, ранее имели опыт ношения мягких монофокальных контактных линз для коррекции миопии, составляющий более пяти лет.

Через 1 месяц ношения мультифокальных контактных линз пациенты с пресбиопией и миопической рефракцией были обследованы с оценкой следующих показателей: остроты зрения вдаль, вблизи и на среднем расстоянии (монокулярно и бинокулярно), пространственной контрастной чувствительности, стереозрения (тест Ланга I&II), амплитудных пределов условного фузионного рефлекса, площади области бинокулярного взаимодействия. Также была проведена субъективная оценка качества зрения путем опроса пациентов с использованием стандартной анкеты VF-14 (Visual Function - 14).

Результаты мультифокальной контактной оптической коррекции у пациентов с миопией и пресбиопией представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Результаты сравнительного анализа зрительных функций у пациентов с миопией и пресбиопией до и после проведения мультифокальной контактной коррекции (M±s)

Показатели	Пациенты молодого возраста	Пациенты с миопией и пресбиопией	Пациенты с миопией и пресбиопией в МКЛ
	1	2	3
	N=28	N=28	N=28
Острота зрения вдаль, монокулярно, ед.	0,17±0,21	0,15±0,16 P ₁₋₂ <0,05	0,95±0,08 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Острота зрения вблизи, монокулярно, ед.	0,99±0,03	0,46±0,15 P ₁₋₂ <0,001	0,67±0,09 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,001
Острота зрения на среднем расстоянии, монокулярно, ед.	0,65±0,09	0,51±0,10 P ₁₋₂ <0,001	0,64±0,10 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,0001
Ближайшая точка ясного видения (РР), см	11,19±7,26	57,00±15,99 P ₁₋₂ <0,0001	32,06±2,45 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 3 цикл/град, ед	5,24±0,68	4,76±0,73	4,81±0,39 P ₂₋₃ <0,05 P ₁₋₃ <0,0001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 6 цикл/град, ед	5,74±0,69	5,21±0,80	4,94±0,56 P ₂₋₃ <0,01 P ₁₋₃ <0,0001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 9 цикл/град, ед	6,12±0,88	5,69±0,87	5,0±0,62 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Пространственная контрастная чувствительность, частота 18 цикл/град, ед	6,17±0,82	5,78±1,05	4,75±0,57 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Пространственная контрастная чувствительность, (суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град), ед	23,28±2,14	21,96±1,6	19,48±1,19 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Амплитудный фузионный предел при приближении, N1 10 ⁻² м	11,34±5,06	21,75±8,73 P ₁₋₂ <0,0001	18,50±7,50 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Амплитудный фузионный предел при отдалении, N2 10 ⁻² м	73,72±17,81	40,78±6,67 P ₁₋₂ <0,0001	42,50±10,78 P ₂₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,0001

Амплитудный фузионный предел при конвергенции, P1 10 ⁻³ м	28,82±10,46	34,82±6,39 P ₁₋₂ <0,001	30,75±6,17 P ₂₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,05
Амплитудный фузионный предел при дивергенции, P2 10 ⁻³ м	63,37±14,30	52,28±9,98 P ₁₋₂ <0,0001	51,00±6,01 P ₂₋₃ <0,0001 P ₁₋₃ <0,0001
Длина фузионного поля, 10 ⁻² м	64,9±16,4	19,62±7,31 P ₁₋₂ <0,0001	24,00±7,82 P ₂₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,0001
Ширина фузионного поля, 10 ⁻³ м	31,1±11,9	20,51±8,12 P ₁₋₂ <0,0001	20,30±8,73 P ₂₋₃ <0,01 P ₁₋₃ <0,0001
Площадь условного фузионного поля, 10 ⁻² м	208,58±98,92	33,96±2,11 P ₁₋₂ <0,0001	47,57±25,39 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,0001
Стереозрение, угл.с.	1137,9±184,3	1071,4±248,4 P ₁₋₂ <0,05	1037,5±251,2 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,05

Из таблицы видно, что у пациентов с миопией и пресбиопией в условиях мультифокальной контактной коррекции достигнуты высокие показатели остроты зрения вблизи, на среднем расстоянии и вдаль. Наряду с 6-кратным увеличением остроты зрения вдаль, показательно улучшение разрешающей способности глаза вблизи – отмечено увеличение остроты зрения в 1,5 раза по сравнению с данными у пациентов с пресбиопией без коррекции. Одновременно с повышением остроты зрения вблизи происходит приближение точки ясного видения в 1,8 раза. Острота зрения на промежуточных (средних) расстояниях также повысилась, однако, не так значительно в сравнении с аналогичным показателем вдаль и вблизи.

Также выявлено, что у пациентов с мультифокальными КЛ произошло улучшение показателей контрастной чувствительности в диапазоне пространственной частоты 3 цикл/град, что указывает на улучшение функциональных свойств рецептивных полей зрительной системы. Вместе с тем, отмечено снижение контрастной чувствительности в диапазонах более высоких пространственных частот на 12-18%, что можно расценивать как

следствие микширования светового потока при прохождении через различные оптические зоны мультифокальной контактной линзы и повышение шума дискретизации светового стимула [35].

При исследовании бинокулярного взаимодействия отмечен положительный сдвиг (в среднем на 21%) со стороны амплитудного предела фузионного рефлекса при конвергенции. Также у пациентов с миопией и пресбиопией в условиях МКЛ отмечено увеличение длины фузионного поля (на 22 % в среднем). Однако, несмотря на некоторое расширение границ условного фузионного поля, дефицит сингулярного видения в зоне Панума при предъявлении двойных изображений сохраняется, особенно на среднем расстоянии, и в целом значительно ниже, чем у лиц молодого возраста. Кроме того, в условиях МКК отмечено снижение уровня стереовосприятия в среднем на 3 %.

При проведении субъективной оценки качества зрения (рис.16) выявлено, что пациенты с мультифокальной коррекцией значительно лучше справляются с привычной работой вблизи, при приготовлении пищи, во время участия в спортивных играх, при необходимости ориентирования в сумерках, при узнавании людей, при различении следов, при просмотре ТВ, при работе с компьютером. Но при чтении мелкого текста 38% пациентов отметили определенные неудобства. В среднем, субъективная оценка качества зрения у пациентов до мультифокальной контактной коррекции составила $7,29 \pm 0,53$ балла, у пациентов в условиях мультифокальных КЛ - $9,11 \pm 0,84$ балла ($p < 0,001$).

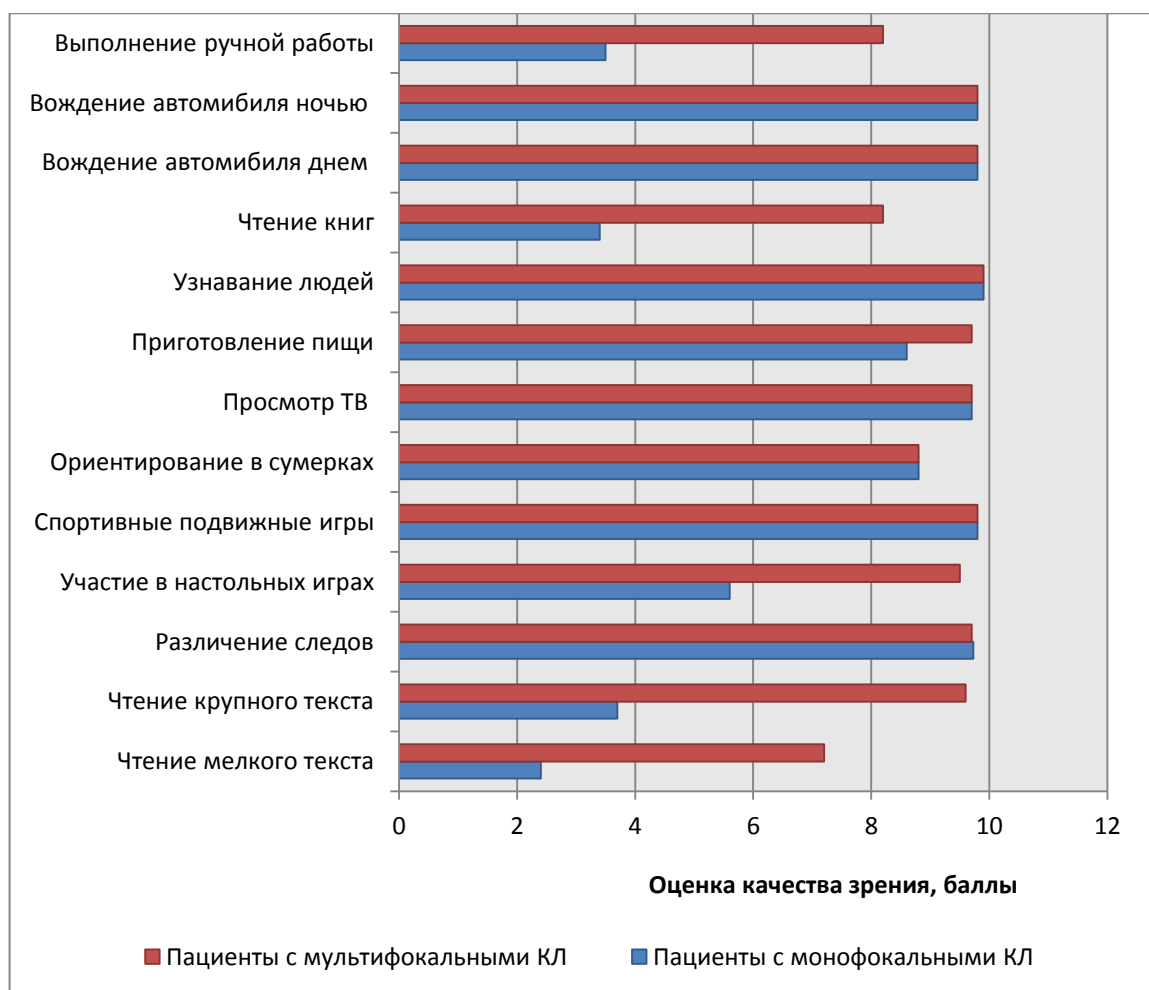


Рисунок 16 – Субъективная оценка качества зрения у пациентов с миопией и пресбиопией в условиях мультифокальной контактной коррекции

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что мультифокальная контактная коррекция пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией компенсирует рефракционные нарушения и повышает разрешающую способность глаза на всех расстояниях, однако отрицательно влияет на контрастную чувствительность в диапазоне высоких пространственных частот, и не восстанавливает сниженные показатели бинокулярного взаимодействия. Это свидетельствует о том, что патологические дизрегуляторные механизмы зрительного восприятия у пациентов с миопической рефракцией, сложившиеся при формировании пресбиопии, сохраняются. Поэтому изолированные мероприятия, ограниченные лишь оптической коррекцией утраченной аккомодации не

ведут к полноценному восстановлению деятельности зрительной системы, что определяет необходимость поиска дополнительных способов зрительной реабилитации пациентов с миопической рефракцией и пресбиопией.

Одним из перспективных путей такой функциональной реабилитации может стать бинариметрия, обеспечивающая направленное воздействие на бинокулярные функции системы зрительного восприятия, тем самым восстанавливая полноценную деятельность зрительной системы [89, 90]. Именно этой проблеме и посвящена следующая часть настоящей работы.

Метод бинариметрии разработан на кафедре физиологии Иркутского университета под руководством проф. Л.Н. Могилева в 1978 г. В основе метода бинариметрии лежит моделирование физиологического двоения и последующего слияния двойных изображений с целью получения БЗО (бинокулярного зрительного образа) в естественных условиях (Могилев Л.Н., Соловьева В.В., Рабичев И.Э.) Бинариметрия позволяет плавно воздействовать на взаимоотношения различных механизмов деятельности зрительной системы, положительно влияя на аккомодацию, восприятие глубины и стереозрения, а также на фузионные резервы [103, 6, 40, 128]. Известны успешные результаты применения данного метода в реабилитации больных с аномалиями рефракции, косоглазием, амблиопией [89, 102, 106, 17, 97]. Именно поэтому мы посчитали целесообразным использовать его в реабилитации пациентов с миопией и пресбиопией. Опираясь на принципы бинариметрии и результаты мультифокальной контактной коррекции, свидетельствующие о значительном нарушении бинокулярного взаимодействия и стереозрения у пациентов с пресбиопией, для лечения пациентов с пресбиопией нами был разработан способ улучшения зрительных функций (положительное решение на патент РФ №2012103263/14(004848) от 4.02.2012г.) у этой категории пациентов.

Всем пациентам с миопией и пресбиопией, после выполнения мультифокальной контактной коррекции был проведен курс

бинариметрии, состоящий из десяти ежедневных занятий длительностью 20 минут. Занятие проводилось следующим образом (рисунок 17).

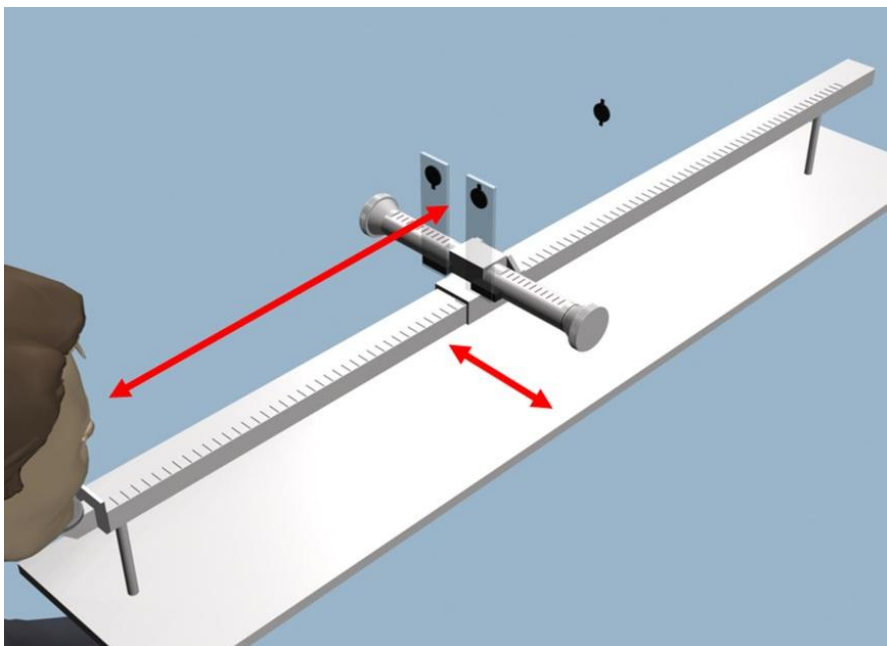


Рисунок 17 – Схема занятий на бинариметре

В условиях мультифокальной контактной коррекции пациент устанавливает голову на подставку бинариметра и фиксирует взгляд на цветном объекте, расположенном на расстоянии 1,5 м от глаз пациента. Пациенту предъявляют одиночный объект (тест) вблизи с целью достижения физиологического двоения. После этого пациенту предъявляются два парных объекта (теста) на расстоянии 30-40 см и добиваются двоения предъявляемых вблизи изображений и последующее их слияние. При достижении мнимого бинокулярного образа в виде объемного объекта проводится постепенное изменение расстояний между предъявляемыми объектами. Правильность получения мнимого бинокулярного образа проверяется при изображении пациентом видимых зрительных образов графически на бумаге: расстояния между образами должны быть равны. Также проводится проверка соответствия образов по цвету и объемности. На следующем этапе проводится постепенное приближение и постепенное удаление предъявляемых объектов, при этом необходимым условием является

сохранение мнимого бинокулярного образа с правильными характеристиками. Микродвижения каретки с предъявляемыми объектами с одномоментным удержанием мнимого бинокулярного образа позволяют постепенно изменять длину и ширину площади бинокулярного взаимодействия. Занятия направлены на плавное увеличение полученного бинокулярного поля. В ходе тренировок использовались тесты с поэтапным усложнением зрительной задачи. Для исключения трудностей в понимании пациентом поставленной задачи фиксации взора и наблюдения бинокулярного мнимого зрительного образа использовались цветные тесты для фиксации.

Пациенты с миопической рефракцией и пресбиопией в условиях мультифокальной контактной коррекции были обследованы до и после лечения на бинариметре. Полученные результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты сравнительного анализа показателей зрительных функций у пациентов с миопией и пресбиопией до и после проведения мультифокальной контактной коррекции и бинариметрии ($M \pm s$, критерий Вилкоксона)

Показатели	Пациенты молодого возраста	Пациенты с миопией и пресбиопией	Пациенты с миопией и пресбиопией в МКЛ
	1	2	3
	N=28	N=28	N=28
Острота зрения вдаль, бинокулярно, ед.	0,16±0,06	0,96±0,08 P ₁₋₂ <0,0001	0,99±0,03 P ₁₋₃ <0,05 P ₂₋₃ <0,01
Острота зрения вблизи, монокулярно, ед.	0,46±0,15	0,67±0,09 P ₁₋₂ >0,05	0,71±0,07 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ >0,05
Острота зрения вблизи, бинокулярно, ед.	0,41±0,09	0,74±0,13 P ₁₋₂ <0,05	0,80±0,07 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ <0,05

Продолжение таблицы 9

Острота зрения на среднем расстоянии монокулярно, ед.	0,51±0,10	0,65±0,10 P ₁₋₂ >0,05	0,68±0,08 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,05
Острота зрения на среднем расстоянии, бинокулярно, ед.	0,52±0,02	0,69±0,11 P ₁₋₂ >0,05	0,74±0,09 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,01
Ближайшая точка ясного видения (РР), см	57,00±15,99	32,06±2,45 P ₁₋₂ <0,0001	31,19±1,94 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ >0,05
Пространственная контрастная чувствительность, частота 3 цикл/град, ед	4,76±0,73	4,81±0,39 P ₁₋₂ <0,05	4,97±0,18 P ₁₋₃ <0,01 P ₂₋₃ <0,05
Пространственная контрастная чувствительность, частота 6 цикл/град, ед	5,21±0,80	4,94±0,56 P ₁₋₂ <0,01	5,16±0,45 P ₁₋₃ <0,01 P ₂₋₃ <0,05
Пространственная контрастная чувствительность, частота 9 цикл/град, ед	5,69±0,87	5,0±0,62 P ₁₋₂ <0,0001	5,09±0,53 P ₁₋₃ <0,01 P ₂₋₃ <0,05
Пространственная контрастная чувствительность, частота 18 цикл/град, ед	5,78±1,05	4,75±0,57 P ₁₋₂ <0,0001	4,94±0,25 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,05
Пространственная контрастная чувствительность, (суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град), ед	21,96±1,6	19,48±1,19 P ₁₋₂ <0,0001	20,16±0,76 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ <0,001
Амплитудный фузионный предел при приближении, N1, 10 ⁻² м	21,75±8,73	18,50±7,50 P ₁₋₂ <0,0001	13,06±4,59 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ <0,0001
Амплитудный фузионный предел при отдалении, N2, 10 ⁻² м	40,78±6,67	42,50±10,78 P ₁₋₂ <0,001	61,50±12,39 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,0001
Амплитудный фузионный предел при конвергенции, P1, 10 ⁻³ м	34,82±6,39	30,75±6,17 P ₁₋₂ <0,001	27,75±4,18 P ₁₋₃ <0,01 P ₂₋₃ <0,0001
Амплитудный фузионный предел при дивергенции, P2, 10 ⁻³ м	52,28±9,98	51,00±6,01 P ₁₋₂ <0,0001	51,75±5,37 P ₁₋₃ >0,05 P ₂₋₃ <0,01
Длина фузионного поля, 10 ⁻² м	19,62±7,31	24,00±7,82 P ₁₋₂ <0,001	48,42±9,73 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,0001
Ширина фузионного поля, 10 ⁻³ м	20,51±8,12	20,30±8,73 P ₁₋₂ <0,01	24,13±7,21 P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
Площадь условного фузионного поля, 10 ⁻² м	33,96±2,11	47,57±25,39 P ₁₋₂ >0,05	115,83±41,61 P ₁₋₃ <0,0001 P ₂₋₃ <0,0001
Стереозрение, угл.сек	1071,42±248,42	1037,52±251,21 P ₁₋₂ >0,05	1175±98,43 P ₁₋₃ <0,05 P ₂₋₃ <0,01

Из таблицы видно, что в результате курсового лечения на бинариметре у пациентов с мультифокальной контактной коррекцией происходит улучшение зрительных функций по многим исследуемым параметрам. Отмечается значимое улучшение остроты зрения вдаль и на среднем расстоянии как в монокулярных, так и в бинокулярных условиях, бинокулярной остроты зрения вблизи, что сопровождается приближением ближайшей точки ясного видения в среднем на 9,9 %.

В результате лечения пациентов с миопией и пресбиопией на бинариметре в условиях МКЛ отмечено статистически достоверное увеличение суммарной пространственной контрастной чувствительности в среднем на 0,68 ед. Видно, что восприятие стимулов, пороговых по пространственной частоте, преимущественно усиливается за счет низких пространственных частот. Однако, несмотря на это, показатели контрастной чувствительности в области высоких пространственных частот не достигают аналогичных значений у пациентов с пресбиопией и миопией без мультифокальной контактной коррекции, что можно расценивать, как следствие разделения светового потока по трём зонам мультифокальной оптики и сохранения «шума дискретизации» светового стимула в процессе зрительного восприятия.

Вместе с этим, выявлено, что у пациентов с миопией и пресбиопией в условиях МКЛ после курсового диплоптического лечения происходит существенное расширение границ поля, в пределах которого возможно слияние двойных изображений и формирование мнимого бинокулярного образа. Расширение амплитудных пределов фузионного рефлекса сопровождается увеличением как длины (более чем на 100%), так и ширины (в среднем на 18,5%) фузионного поля. Также значительно возрастает площадь условного фузионного поля (в 2,4 раза), в большей степени за счет увеличения длины (более чем на 100%), тем самым существенно восполняется дефицит фузионной способности на среднем расстоянии. (рис.18).

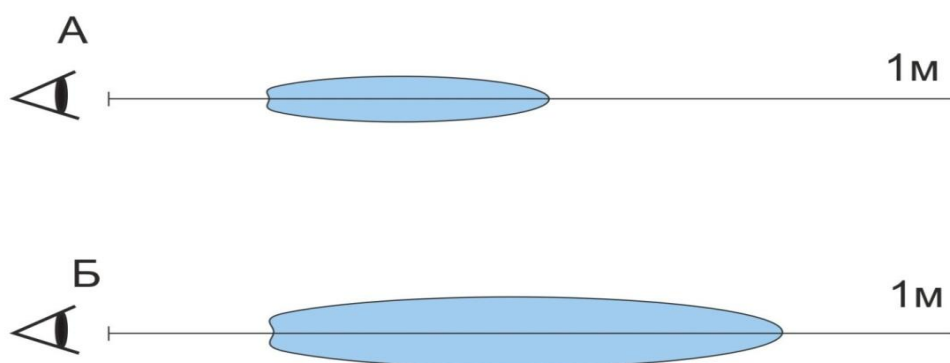


Рисунок 18 – Схематичное изображение увеличения площади бинокулярного поля пациентов с пресбиопией и миопией в условиях мультифокальной контактной коррекции до (А) и после (Б) лечения на бинариметре

Наряду с этим отмечено повышение стереовосприятия на 13,3% у пациентов с миопией и пресбиопией в условиях МКЛ после лечения, что говорит об улучшении наивысшей зрительной функции зрительной системы, позволяющей оценивать все детали трёхмерного пространства. На следующем этапе исследования, для выявления наиболее информативных показателей, отражающих различные состояния зрительной системы у пациентов с миопией и пресбиопией с мультифокальными контактными линзами до и после лечения на бинариметре, был проведен многофакторный дискриминантный анализ. С его помощью был выявлен набор наиболее информативных показателей, согласно которому зрительная система пациентов с мультифокальной контактной коррекцией миопической рефракции и пресбиопией достоверно отличается до и после курса бинариметрии.

Совокупность наиболее информативных составляющих для дискриминации пациентов с мультифокальной контактной коррекцией до и после курса лечения на бинариметре представлена в таблице 10.

Таблица 10 - Совокупность наиболее информативных составляющих для дискриминации пациентов с мультифокальной контактной коррекцией до и после курса лечения на бинариметре

N=64	F- критерий Фишера (1,50)	p-уровень	% Вклад в различие
Длина условного фузионного поля (Δn)	6,51923	0,0138	6
Острота зрения вблизи бинокулярно	12,21896	0,0010	12
Острота зрения вблизи монокулярно	14,37795	0,0004	12,2
Стереозрение,	11,59304	0,0013	3,3
Амплитудный фузионный предел при приближении, N1	47,71811	0,0000	10
Острота зрения на среднем расстоянии монокулярно	21,14347	0,0000	6,6
Площадь условного фузионного поля	16,88905	0,0001	10
Пространственная контрастная чувствительность, частота 18 цикл/град	30,47572	0,0000	9
Пространственная контрастная чувствительность, частота 6 цикл/град	26,65185	0,0000	9,5
Амплитудный фузионный предел при дивергенции, P2	5,25663	0,0261	3,5
Пространственная контрастная чувствительность, частота 3 цикл/град	18,51327	0,0000	5,5
Пространственная контрастная чувствительность, (суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град)	36,91741	0,0000	12,4

Из таблицы видно, что максимальный вклад в разделение двух групп вносят показатели пространственной контрастной чувствительности – 36,4%, включающие в себя показатель ПКЧ суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град – 12,4%, а также ПКЧ в отдельно взятых пространственных частотах – от 9,5 до 5,5%. Это показывает, что бинариметрия положительно влияет на способность различения контраста. На следующем уровне по уровню информативности находятся показатели бинокулярного взаимодействия, общий уровень информативности которых составляет 29,5%. Из них площадь условного фузионного поля (10%), амплитудный

фузионный предел при приближении (10%), длина условного фузионного поля 6%, амплитудный фузионный предел при дивергенции (3,5%). Это доказывает, что активизация бинокулярного взаимодействия увеличивает пространственные границы фузионного рефлекса, особенно на близком расстоянии. Также высокий вклад имеют показатели остроты зрения вблизи монокулярно (12,2 %) и бинокулярно (12 %), что отражает положительное влияние бинаримерии на разрешающую способность вблизи. Уровень информативности стереозрения и его вклад в различие двух групп составляет 3,3%.

Таким образом, выявлена совокупность наиболее информативных показателей, характеризующая изменение деятельности зрительной системы у пациентов с мультифокальной контактной коррекцией зрения после проведения курса лечения на бинаримере. К ним относятся: увеличение разрешающей способности глаза на ближних и средних расстояниях, повышение стереовосприятия и порога восприятия контрастной чувствительности глаза, а также улучшение бинокулярного взаимодействия за счет увеличения границ фузионного поля.

Ниже представлено уравнение расчета канонических величин для пациентов с миопией и пресбиопией с мультифокальными контактными линзами до и после лечения на бинаримере (n=64).

$$K1=0,98 \times X1 + 2,02 \times X2 - 2,11 \times X3 + 0,57 \times X4 - 1,67 \times X5 + 1,13 \times X6 + 1,68 \times X7 + 1,58 \times X8 + 1,63 \times X9 - 0,61 \times X10 + 0,94 \times X11 - 2,10 \times X12,$$

где $X1 - X12$ список наиболее информативных составляющих для дискриминации пациентов с мультифокальной контактной коррекцией до и после курса лечения на бинаримере (см. табл.3).

Ниже представлено графическое отображение распределения пациентов по каноническим величинам (рисунок 19).

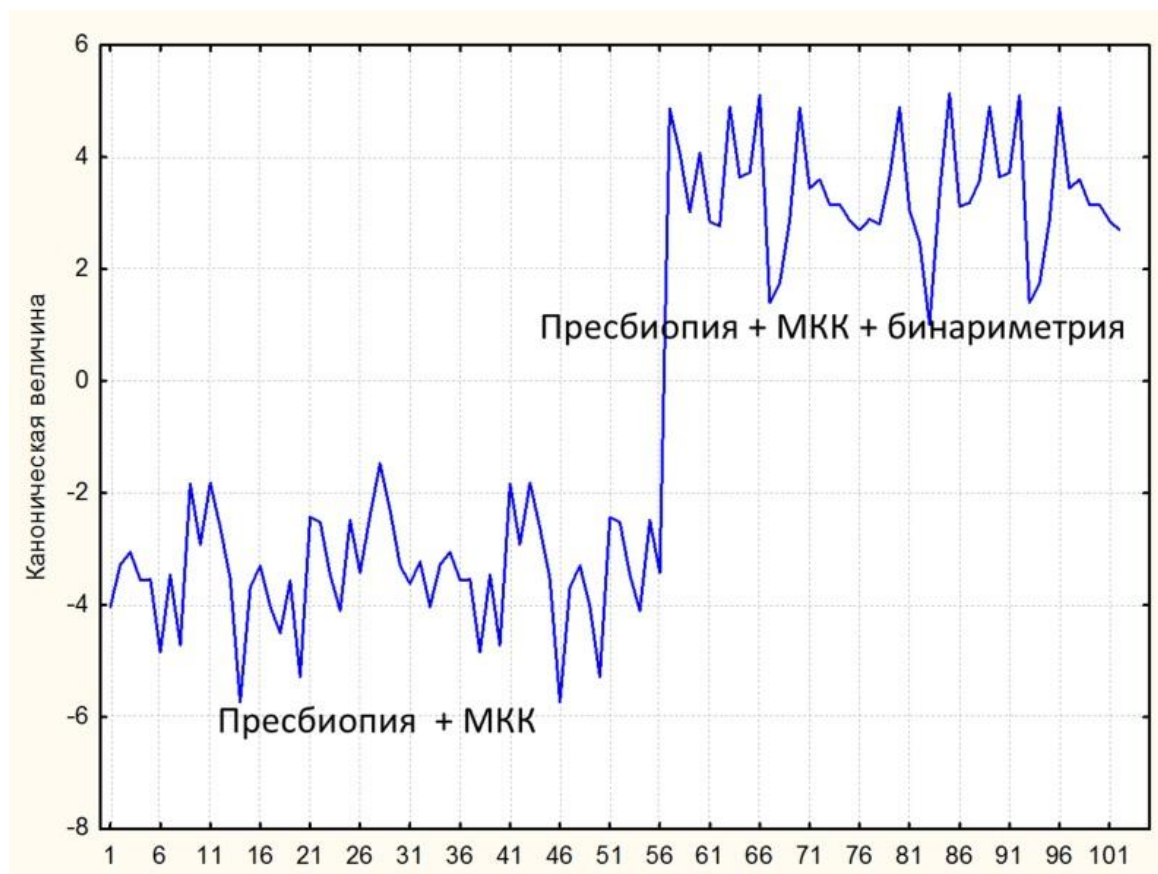


Рисунок 19 – Распределение пациентов с пресбиопией в условиях мультифокальной контактной коррекции до и после курса бинаримерстрии по рассчитанной канонической переменной каждого пациента

Λ Уилкса = 0,07838 свидетельствует о хорошей дискриминации (значение статистики Уилкса близкое к 1 свидетельствует о плохой дискриминации). Уровень значимости $F(13,50) = 45,225$ $p < 0,00001$ позволяет делать вывод об адекватности построенной модели реальному процессу.

Для понимания физиологического смысла выполненных лечебных мероприятий был проведен многофакторный дискриминантный анализ между всеми тремя исследуемыми группами пациентов для определения взаимной близости и удаленности состояния зрительной системы у пациентов с пресбиопией и миопией до и после мультифокальной контактной коррекции с последующим диплоптическим лечением.

$$K1=1,68X1+1,79X2-0,34X3-0,88X4-1,26X5+0,87X6+0,71X7-0,09X8+0,88X9-0,23X10-0,29X11-0,28X12$$

$$K2=1,42X1-2,18X2+0,30X3-1,23X4+0,03X5-0,12X6+0,86X7+0,36X8+0,34X9-0,22X10-0,63X11-0,19X12$$

где: $X1$ – монокулярная острота зрения вблизи

$X2$ – длина условного фузионного поля (Δn)

$X3$ – пространственная контрастная чувствительность, (суммарно в частотах от 3 до 18 цикл/град)

$X4$ – бинокулярная острота зрения вблизи

$X5$ – амплитудный предел фузионного рефлекса при отдалении $N2$

$X6$ – острота зрения на среднем расстоянии монокулярно

$X7$ – амплитудный фузионный предел при дивергенции, $P2$

$X8$ – бинокулярная острота зрения вдаль

$X9$ – площадь условного фузионного поля

$X10$ – стереозрение

$X11$ – амплитудный фузионный предел при приближении, $N1$

$X12$ – монокулярная острота зрения вдаль

Каноническая переменная 1 – доля информативности 85,1 % (кумулятивная доля). Доля информативности исходных данных 85,1 %.

Каноническая переменная 2 – доля информативности 14,9% (кумулятивная доля). Доля информативности исходных данных 85,1 %.

По приведенным уравнениям расчета канонических переменных для трех групп ($n=96$), были рассчитаны канонические значения для каждого пациента, по которым был построен поточечный график (рисунок 20).

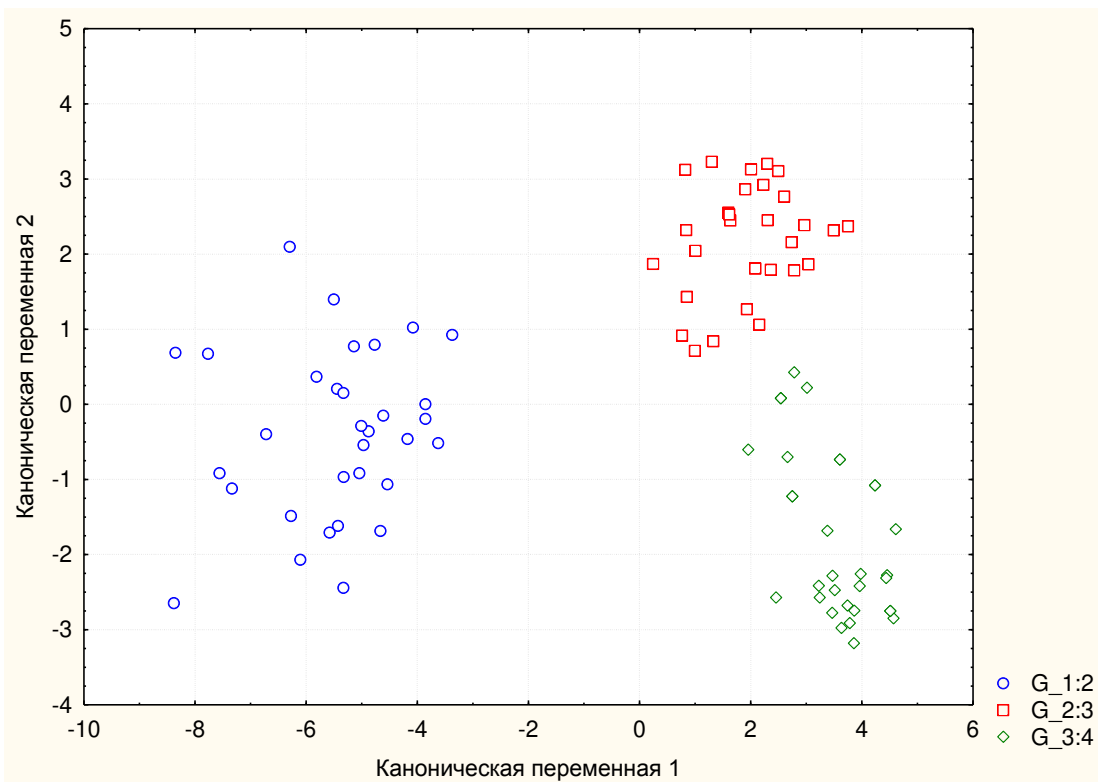


Рис.20. – Поточечный график распределения пациентов трех групп в зависимости от значения канонической величины.

Условные обозначения:

- - Пациенты с пресбиопией и миопией.
- - Пациенты с пресбиопией и миопией в условиях МКК.
- ◇ - Пациенты с пресбиопией и миопией в условиях МКК после лечения на бинариметре.

Для более наглядной иллюстрации изменений деятельности зрительной системы у пациентов с пресбиопией и миопией в процессе лечения на бинариметре на рис.13 представлен граф взаимной близости (удаленности) исследуемых групп больных, составленный на основе расчетов в дискриминантном анализе с использованием меры Махаланобиса.

Видно, что мультифокальная контактная коррекция, восстанавливая оптические нарушения на различных расстояниях, оказывает значительное влияние на изменение всей совокупности исследуемых параметров,

характеризующих состояние зрительной системы. В то же время последующий курс бинарметрии позволяет добиться дальнейшего саногенетического эффекта, воздействуя на другие звенья патогенеза, связанные с дисрегуляцией синкинетического рефлекса на приближение. То есть поэтапное комплексное лечение, включающее мультифокальную контактную коррекцию и бинарметрию, является патогенетически обоснованным способом реабилитации пациентов с пресбиопией и миопией.

Анализируя квадраты расстояния Махаланобиса между группами (рис.21) и приняв за 100% расстояние Махаланобиса между 1 и 3 группой, был рассчитан вклад каждого метода лечения в улучшение зрительных функций, который составил для мультифокальной контактной коррекции 77%, для диплоптического лечения - 23%.

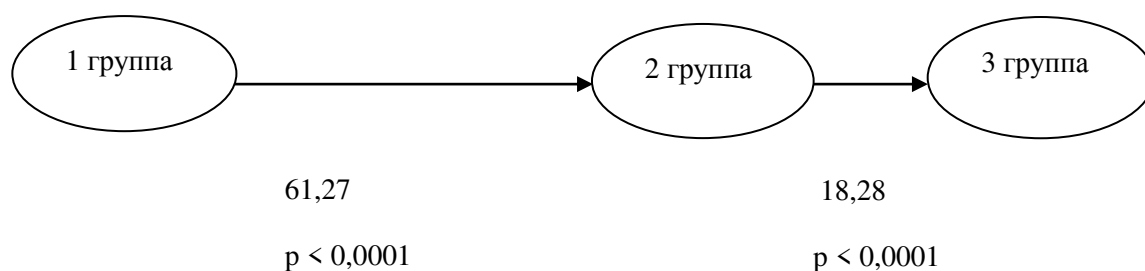


Рисунок 21 – Схема взаимной близости-удаленности исследуемых групп по квадрату расстояния Махаланобиса.

Условные обозначения:

1 группа - пациенты с пресбиопией и миопией.

2 группа - пациенты с пресбиопией и миопией в условиях МКК.

3 группа - пациенты с пресбиопией и миопией в условиях МКК после лечения на бинарметре

Таким образом, можно утверждать, что после комплексного лечения в зрительной системе сложились новые функциональные взаимоотношения, позволяющие проводить оценку зрительного изображения на более высоком уровне восприятия.

В качестве иллюстрации полученных результатов представлены два клинических примера:

Пример 1.

Пациентка К. 50 лет, по профессии провизор. По роду деятельности пациентка связана с работой на близких, средних и дальних расстояниях, зрительная нагрузка включает в себя работу с компьютером, бумажной документацией, лекарственными средствами. При первичном обращении острота зрения вдаль OD = 0,3 Sph (-) 2,0 Д = 0,9; OS = 0,3 Sph (-) 2,0 Д = 0,9. Бинокулярная острота зрения вдаль с коррекцией (-) 2,0 Д = 1,0.

Острота зрения вблизи OD 0,2 Sph (+) 1,0 Д = 0,9; OS 0,3 Sph (+) 1,0 Д = 0,9.

Острота зрения вблизи без коррекции бинокулярно OU = 0,3 Sph (+) 1,0 Д =

1,0. Ближайшая точка ясного видения 52 см. Пользуется очками для

постоянного ношения (-) 2,0 Д. Для работы на близком расстоянии обычно

очки снимает, в связи с чем испытывает дискомфорт, связанный с затратой

определенного времени для настройки зрения на близком расстоянии.

Суммарная контрастная чувствительность была равна 19 у.е. в 4 широтах с 3

до 18 цикл/град. Данные показатели зрения были зафиксированы в утреннее

время при достаточном освещении. К вечеру после длительной зрительной

работы в течение 8-часового рабочего дня острота зрения с коррекцией (-) 2,0

Д вдаль осталась прежней. Острота зрения вблизи несколько уменьшилась:

без коррекции - 0,1 монокулярно и 0,2 бинокулярно. Диагноз: миопия II

степени обоих глаз, пресбиопия. Пациентке была проведена коррекция

мультифокальными контактными линзами -1,5 Дптр, с прибавкой для близи

+1 Дптр на оба глаза. Отмечено улучшение остроты зрения вдаль до 1,0.

Острота зрения OU вблизи также повысилась до 0,9. Контрастная

чувствительность в условиях МКЛ была несколько снижена и составила 18

у.е. в 4 широтах с 3 до 18 цикл/град. Ближайшая точка ясного видения

находилась на расстоянии 34 см. Но, несмотря на высокие зрительные

функции, пациентка испытывала определенный дискомфорт при работе

вблизи, так как ей было необходимо определенное время для выбора оптимального рабочего расстояния. Через один месяц после подбора и ношения мультифокальных контактных линз зрительные функции оставались на том же высоком уровне, дискомфорт при работе вблизи уменьшился, но пациентке все также требовалось время на адаптацию к фокусировке близких и дальних предметов на различных расстояниях. Был проведен курс лечения по предложенной методике. Вначале курса лечения длина фузионного поля у пациентки составила 30 см (от 10 до 40 см), ширина фузионного - 18 мм (от 50 до 62 мм). В результате лечения фузионное поле увеличилось: длина фузионного поля увеличилась почти в три раза (с 30 см до 80 см). Ширина фузионного поля увеличилась на 50 % (с 18 до 36 мм). Суммарная контрастная чувствительность увеличилась до 20 ед. Показатели остроты зрения в условиях МКЛ после лечения на всех расстояниях остались прежние, однако пациентка отметила отсутствие временной паузы, необходимой ранее для настройки и выбора оптимального рабочего расстояния на ближних и средних дистанциях. Ближайшая точка ясного видения находилась на расстоянии 31-32 см. Субъективно пациентка стала отмечать значительное улучшение качества зрения в различное время суток, повысилась скорость адаптации к различным условиям освещённости при работе как вдаль, так и вблизи.

Пример 2.

Пациентка Л., 58 лет. Острота зрения вдаль OD = 0,1 Sph (-) 3,5Д = 1,0; OS = 0,1 Sph (-) 3,5 Д = 1,0. Острота зрения вблизи OD 0,2 Sph (+) 2,0Д = 0,9; OS 0,3 Sph (+) 2,0Д = 0,9. Бинокулярно острота зрения вблизи с коррекцией (+)2,0Д составила 1,0. Суммарная контрастная чувствительность была равна 20 у.е. в 4 широтах с 3 до 18 цикл/град. Диагноз: миопия II степени обоих глаз, пресбиопия. По профессии – врач офтальмолог, настроена на ношение мультифокальных контактных линз. Ранее пользовалась как монофокальными контактными линзами, так и очками для постоянного

ношения. При подборе мультифокальных линз (вдаль -3,0 Дптр, добавка для близи +2,0 Дптр) отмечены трудности зрительного восприятия при зрительной работе со щелевой лампой, заключающиеся в увеличении времени фокусировки видимого изображения. Острота зрения в мультифокальных контактных линзах вдаль OD = 1,0, OS = 1,0; вблизи OD = 0,9, OS = 0,9, бинокулярно острота зрения в МКЛ 1,0. Суммарная контрастная чувствительность после лечения осталась неизменной и была равна 20 у.е. в 4 широтах с 3 до 18 цикл/град. При исследовании границы фузионного поля были следующими: ширина 18 мм, длина 23 см. Проведено лечение по предложенной методике. После лечения границы фузионного поля стали следующими: ширина увеличилась до 24 мм, длина увеличилась в более чем в два раза (48 см). Острота зрения в контактных линзах вдаль OD = 1,0, OS=1,0; вблизи OD=1,0, OS=1,0. Суммарная контрастная чувствительность увеличилась до 21 у.е. в 4 широтах с 3 до 18 цикл/град. Пациентка отмечает субъективное улучшение зрения на всех расстояниях, расширение зрительных возможностей при выполнении профессиональных задач.

В целом, результаты проведенного исследования убедительно показывают, что система функциональной реабилитации на основе мультифокальной контактной коррекции и бинариметрии является патогенетически обоснованной и обладает выраженным саногенетическим эффектом. Мультифокальная контактная коррекция пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией позволяет компенсировать утраченную аккомодацию и улучшить зрительные функции как вдаль, так и вблизи, но существенно не влияет на уровень бинокулярного взаимодействия и не разрушает устойчивые дизрегуляционные внутрисистемные взаимоотношения. Тогда как диплоптическое лечение, активизируя бинокулярное взаимодействие, воздействует на центральные механизмы деятельности зрительной системы, дестабилизирует сложившиеся

патологические взаимоотношения и улучшает не только показатели фузионной способности, но и повышает разрешающую способность глаза на всех расстояниях и улучшает глубинное зрение. В целом, комплексное лечение по данному алгоритму позволяет создать систему зрительного восприятия, более приспособленную для решения задачи получения полноценного зрительного образа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Близорукость является одной из преобладающих рефракционных патологий, ее частота в популяции составляет от 50 до 70% [7]. Структурно-функциональное состояние зрительной системы при миопии имеет свои особенности, как со стороны анатомических параметров глазного яблока, так и со стороны характеристик зрительного восприятия.

С возрастом дефекты зрительного восприятия у пациентов с миопической рефракцией, характеризующиеся низкой остротой зрения вдаль, усугубляются снижением аккомодационной способности. То есть, развитие пресбиопии усложняет исходные рефракционные нарушения, и привычная оптическая коррекция зрения становится неадекватной [39, 206].

Современные методы коррекции пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией основаны на принципе гипокоррекции, анизокоррекции, мультифокальности. Модель гипокоррекции часто сопровождается неудовлетворенностью пациентов зрительными функциями как вдаль, так и вблизи, тогда как использование принципа анизокоррекции связано с риском развития синдрома монофиксации [211, 281], оказывающего негативное влияние на процессы сенсорной рецепции. Попытки компенсации утраченной аккомодации за счет создания мультифокальной оптической системы наталкиваются на трудности приспособления пациентов к новым условиям деятельности зрительного анализатора (204, 18, 249, 245). Пациенты предъявляют многочисленные

астенопические жалобы, что обусловлено неудовлетворённостью полученным качеством зрения. Ключевым механизмом лечебного процесса в настоящее время является метод проб и ошибок [168], в то время как целостная система зрительной реабилитации пациентов с пресбиопией в условиях миопической рефракции отсутствует. Именно поэтому раскрытие механизмов формирования пресбиопии у лиц с миопической рефракцией и разработка патогенетически обоснованных методов коррекции имеет важное значение для патологической физиологии и офтальмологии.

В целом, это и определило основную цель работы: выяснение закономерностей структурно-функциональных изменений зрительной системы при формировании пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, патогенетическое обоснование принципов реабилитации.

Для достижения этой цели в рамках данной работы было проведено всестороннее изучение состояния зрительной системы у пациентов молодого возраста с миопией I и II степени и пациентов зрелого возраста с пресбиопией и миопией I и II степени. Критериями отбора пациентов в группы исследования служили наличие осевой неосложненной изометропической миопии, показатели остроты зрения с коррекцией 0,9 и выше и отсутствие сопутствующей соматической патологии.

Исследование структурно-анатомических параметров зрительной системы показало, что с возрастом у пациентов с миопической рефракцией происходит увеличение размеров хрусталика на 16 %, сопровождающееся усилением его плотности более чем в 6 раз. При этом наблюдается уменьшение объема передней камеры.

Выявлены изменения состояния зрачковой диафрагмы, отвечающей за регуляцию светового потока. Отмечено повышение тонуса зрачкового сфинктера на 21% в фотопических и на 23% в скотопических условиях освещенности. Кроме этого, наблюдается не только уменьшение диаметра зрачка, но и снижение (на 24%) диапазона максимального зрачкового ответа при изменении величины светового потока.

При изучении состояния иридо-цилиарно-хрусталикового комплекса, включающего в себя оценку толщины цилиарного тела, длины передней порции цинновой связки, дистанции «трабекула-цилиарные отростки», угла примыкания корнео-склеральной трабекулы и корня радужки в 4 сегментах было выявлено, что у лиц с миопической рефракцией молодого возраста существует определенная асимметрия внутренних анатомических структур в различных квадрантах. С возрастом исходная асимметрия в картине взаимоотношений внутренних структур значимо усиливается. Особенно ярко это касается толщины цилиарного тела и угла примыкания «трабекула-радужка». При этом у пациентов с пресбиопией во всех квадрантах наблюдается укорочение передней порции цинновой связки во внутреннем и верхнем сегменте, уменьшение толщины цилиарного тела, увеличение расстояния между трабекулой и цилиарными отростками, уменьшение угла примыкания «трабекула-радужка».

Выявлено, что при развитии пресбиопии у пациентов с миопией со стороны оптического аппарата отмечено увеличение явлений рассеивания светового потока, увеличение числа рефракционных ошибок, что проявляется повышением значений общего волнового фронта оптических aberrаций, наибольший рост которых связан с повышением значений сферической aberrации на 28% и дефокуса на 65%.

Кроме того, у пациентов с пресбиопией выявлено умеренное повышение ВГД и снижение коэффициента легкости оттока внутриглазной жидкости. Вместе с тем, гидродинамические параметры находятся в пределах физиологически нормальных значений, поэтому сдвиг в показателях офтальмотонуса можно рассматривать, как свидетельство изменения вектора приложения к цилиарному телу и, в целом, к дренажной системе глаза с возрастом.

В целом, исследование изменений интраокулярных структур, офтальмотонуса, оптических aberrаций показало, что у пациентов с миопией при формировании пресбиопии, при сохранении неизменных внешних

границ глазного яблока, происходят значимые изменения топографо-анатомических взаимоотношений внутренних структур всего иридо-цилиарно-трабекулярного комплекса. Т.е., перемены касаются всех компонентов, ответственных за динамическую рефракцию: хрусталика и его подвешивающего аппарата, цилиарного тела, радужной оболочки, зрачка. Выявлено, что существующая при миопии у лиц молодого возраста исходная иррегулярность и асимметрия толщины цилиарного тела и угла примыкания «трабекула-радужка» становится более выраженной при формировании пресбиопии. Кроме того, отмечается значимое изменение фронта оптических aberrаций, за счет нарастания оптических погрешностей 2-го и 4-го порядка. Иными словами, формирование пресбиопии происходит в результате изменения целого комплекса сложноподчиненных взаимоотношений как хрусталика, так и структур всего переднего отрезка глаза.

На следующем этапе работы было проведено всестороннее изучение функциональных параметров зрительной системы у пациентов с миопией в молодом возрасте и при развитии пресбиопии. Исследование зрительных функций проводилось как в монокулярных, так и бинокулярных условиях деятельности зрительной системы.

При комплексной оценке функционального состояния зрительной системы выявлено, что острота зрения с коррекцией у пациентов с миопией в молодом возрасте имеет высокие показатели как вдаль, так и вблизи, и невысокие показатели вдаль без коррекции, что является характерным для миопии. Выявлено, что у пациентов с пресбиопией происходит пятикратное увеличение ближнего фокусного расстояния, что приводит к более чем двукратному снижению монокулярной остроты зрения (с коррекцией для дали) вблизи и на среднем расстоянии, что в свою очередь ведёт к снижению пространственной контрастной чувствительности зрительного анализатора, с наиболее существенным снижением контрастной чувствительности на пространственной частоте 3 и 6 цикл/град.

Объективная оценка результатов исследования электрической активности сетчатки и нейропроекции, по данным электрофизиологических исследований у пациентов пресбиопией и миопией свидетельствует о снижении функциональной биоэлектрической активности биполяров, клеток Мюллера и взаимодействия клеточных элементов во внутренних слоях сетчатки, а также об инволюционных деградиационных процессах в системе нейропроекции.

Особое внимание в работе было уделено исследованию бинокулярного взаимодействия у пациентов с пресбиопией и миопией, так как бинокулярное зрение является высшей зрительной функцией, и роль этих нарушений в патогенезе практически не была ранее изучена. Бинокулярное взаимодействие у пациентов с пресбиопией оценивалось на основании анализа границ поля, в пределах которого возможно фузионное слияние диспаратных точек в зоне Панума и получение сингулярного восприятия бинокулярного образа. Помимо этого проведен анализ состояния аккомодационного ответа в бинокулярных условиях, бинокулярной остроты зрения и патентного стереоописания.

Выявлено, что происходит снижение процессов бинокулярной суммации: превалирование бинокулярной остроты зрения над монокулярной составляет у пациентов молодого возраста 13%, а у пациентов с пресбиопией - 2% ($p < 0,001$), что сопровождается снижением запаса относительной аккомодации и снижением уровня стереовосприятия.

Впервые было установлено, что у пациентов с миопией при формировании пресбиопии происходит более чем шестикратное уменьшение площади бинокулярного поля - т.е. той зоны, в пределах которой возможно слияние двойных изображений. Регресс площади бинокулярного взаимодействия был связан с уменьшением в большей степени длины условного фузионного поля, чем ширины. При этом отмечена утрата бинокулярного слияния на средних расстояниях - дальняя граница фузионного поля уменьшена на 45%.

Таким образом, результаты исследований феномена бинокулярного взаимодействия свидетельствуют о явлениях депрессии процессов бинокулярной суммации, наиболее ярко проявляющихся в угнетении фузионной способности, преимущественно на среднем расстоянии.

Результаты проведения многофакторного дискриминантного анализа позволили выявить наиболее значимые параметры, характеризующие изменение зрительной системы в ходе формирования пресбиопии при миопии. К ним относятся: диафрагмальная функция зрачка в сумеречных условиях освещенности (11%), показатель диспаратной фузионной способности на среднем расстоянии (27%), величина запаса относительной аккомодации – его положительная часть (35%) и отрицательная часть (27%).

Таким образом, формирование пресбиопии у лиц с миопической рефракцией является результатом изменения трех основных компонентов: аккомодации, фузионной способности и диафрагмальной функции зрачка. В результате этого происходит нарушение всех компонентов физиологического рефлекса на приближение, являющегося синкинетическим по своей природе, ведущее к его полной дисрегуляции. В целом, разрушается согласованная деятельность всех механизмов зрительного восприятия, сформированная в молодом возрасте у пациентов с миопией.

Для компенсации утраченной возможности фокусировать видимые предметы на различных расстояниях и коррекции миопической рефракции 28 пациентам с миопией I-II степени и пресбиопией была проведена мультифокальная контактная коррекция.

Выявлено, что мультифокальная контактная коррекция позволяет достигать высоких результатов трех показателей, характеризующих зрительную систему: остроту зрения вблизи, на среднем расстоянии и вдаль.

Вместе с тем, у пациентов с пресбиопией в условиях мультифокальной контактной коррекции, в сравнении с аналогичными параметрами у пациентов с миопией в молодом возрасте, отмечено снижение

пространственной контрастной чувствительности в диапазоне высоких пространственных частот на 12-18%, снижение показателей стереозрения.

При исследовании бинокулярного взаимодействия отмечен положительный сдвиг (на 21%) со стороны амплитудного предела фузионного рефлекса при конвергенции и увеличение длины фузионного поля (на 22 %). Однако существенных изменений со стороны площади фузионного поля не отмечено. Несмотря на некоторое расширение границ условного фузионного поля, дефицит сингулярного видения в зоне Панума при предъявлении двойных изображений сохраняется, особенно на среднем расстоянии, и в целом значительно ниже, чем у лиц молодого возраста.

Таким образом, мультифокальная контактная коррекция пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией улучшает зрительные функции вблизи, повышает качество зрения пациентов, т.е. устраняет этиологический фактор (утраченную аккомодацию). Вместе с тем, показатели бинокулярного взаимодействия остаются на исходно низком уровне. Полученные результаты доказывают, что изолированные мероприятия по оптической компенсации утраченной аккомодации не приводят к восстановлению функциональной системы зрительного восприятия [72], а значит, необходимы дополнительные мероприятия для полноценной реабилитации пациентов с миопической рефракцией и пресбиопией.

Опираясь на полученные результаты мультифокальной контактной коррекции и принципы бинариметрии для лечения пациентов с пресбиопией, нами был разработан способ улучшения зрительных функций [17]. Всем пациентам с миопией и пресбиопией после выполнения мультифокальной контактной коррекции был проведен 10-дневный курс бинариметрии по предложенной методике. В результате лечения у пациентов с мультифокальной контактной коррекцией отмечено улучшение зрительных функций по всем исследуемым параметрам: повышается острота зрения вдаль, вблизи и на среднем расстоянии как в монокулярных, так и в бинокулярных условиях, возрастает пространственная контрастная

чувствительность суммарно на 3,5% и в отдельно взятых пространственных частотах на 3,2-4,3%. Стереовосприятие усиливается на 13,3 %.

Кроме того, значительно возрастает площадь условного фузионного поля (в 2,4 раза) в большей степени за счет расширения длины на 101,8%, а также ширины условного фузионного поля на 18,5%, тем самым существенно восполняется дефицит фузионной способности на среднем расстоянии.

На основании проведенного дискриминантного анализа выявлены наиболее информативные показатели, характеризующие состояние зрительной системы у пациентов с мультифокальной контактной коррекцией зрения до и после проведения курса лечения на бинариметре. К ним относятся: монокулярная и бинокулярная острота зрения вблизи, стереозрение, ближняя граница фузионного поля, монокулярная острота зрения на среднем расстоянии, площадь условного фузионного поля, контрастная чувствительность на высоких и средних пространственных частотах, латеральная граница фузионного поля, контрастная чувствительность на низких пространственных частотах и суммарно.

Таким образом, функциональные характеристики состояния зрительной системы у пациентов с мультифокальной контактной коррекцией после комплексного поэтапного лечения на бинариметре по многим показателям значительно отличаются от таковых у тех же пациентов до проведения диплоптического лечения. Видно, что активизация бинокулярного сотрудничества, являющегося высшей зрительной функцией, сопровождается комплексным воздействием на все механизмы деятельности зрительной системы.

В целом, результаты проведенного исследования убедительно показывают, что система функциональной реабилитации на основе мультифокальной контактной коррекции и бинариметрии является патогенетически обоснованной и обладает выраженным саногенетическим эффектом.

Мультифокальная контактная коррекция пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией позволяет компенсировать утраченную аккомодацию и улучшить зрительные функции как вдаль, так и вблизи, но существенно не влияет на уровень бинокулярного взаимодействия и не разрушает устойчивые дизрегуляторные внутрисистемные взаимоотношения. Тогда как диплоптическое лечение, активизируя бинокулярное взаимодействие, воздействует на центральные механизмы деятельности зрительной системы, дестабилизирует сложившиеся патологические взаимоотношения и улучшает не только показатели фузионной способности, но и повышает разрешающую способность глаза на всех расстояниях и улучшает глубинное зрение. В целом, комплексное лечение по данному алгоритму позволяет создать систему зрительного восприятия, более приспособленную для решения задачи получения полноценного зрительного образа.

ВЫВОДЫ

1. У пациентов молодого возраста с миопической рефракцией определяется выраженная асимметрия и иррегулярность параметров цилиарного тела и угла примыкания «трабекула-радужка» в различных квадрантах.

2. У пациентов при формировании пресбиопии в условиях миопической рефракции происходят усиление исходной асимметрии структур иридоцилиарного комплекса и изменение динамической регуляции светового потока, основным показателем которого является снижение диапазона максимальной excursии зрачка в среднем на 24% при изменении освещенности.

3. Оптические нарушения при формировании пресбиопии у лиц с миопической рефракцией выражаются в виде увеличения сферических

аббераций в среднем на 28 % и дефокуса на 65% , на фоне исходных аббераций низшего порядка.

4. Выявлены закономерности формирования пресбиопии у пациентов с миопической рефракцией, отличительными особенностями которых является монокулярное и бинокулярное рассогласование зрительного восприятия на среднем расстоянии, что характеризуется снижением монокулярной остроты зрения на среднем расстоянии с привычной коррекцией в среднем на 52%, бинокулярной – в среднем на 49% и уменьшением дальнего амплитудного фузионного предела в среднем на 45%.

5. Наиболее значимыми закономерностями изменения зрительной системы при формировании пресбиопии у лиц с миопической рефракцией, подтверждёнными данными дискриминантного анализа, являются: повышение тонуса зрачкового сфинктера при скотопических условиях освещения (11%), дефицит диспаратной фузионной способности на среднем расстоянии (27%), величина запаса относительной аккомодации – его положительная часть (38%) и отрицательная часть (27%).

6. Мультифокальная контактная коррекция у пациентов с пресбиопией, позволяющая достичь высоких показателей остроты зрения вблизи, на среднем расстоянии и вдаль, не восстанавливает диспаратной фузии на среднем расстоянии, более того, вызывает угнетение стереозрения и пространственной контрастной чувствительности, наиболее выраженное при восприятии высоких пространственных частот на (12-17%).

7. Сочетание мультифокальной контактной коррекции с последующим курсом бинариметрии приводит к дальнейшему повышению остроты зрения вблизи, как в монокулярных, так и бинокулярных условиях, приближению ближайшей точки ясного видения в среднем на 9,9%, улучшению суммарной пространственной контрастной чувствительности, стереозрения в среднем на 13,3 %, увеличению площади условного фузионного поля в 2,4 раза.

Список литературы

1. Аветисов, Э.С. О гемодинамике глаз при миопии / Э.С. Аветисов, Н.Ф. Савицкая, В.П. Шмулей // Вестник офтальмологии.– 1968.– №6.– С.43–45.
2. Аветисов, Э.С. Оптическая коррекция зрения / Э.С. Аветисов, Ю.З. Розенблюм.– М.: Медицина, 1981. – 431 с.
3. Аветисов, Э.С. Ультраструктурные изменения склеры при миопии / Э.С. Аветисов // Вестник офтальмологии. – 1980. – № 6. – С. 36 –42.
4. Аветисов, Э.С. Расстройства аккомодации и изменения рефракции / Э.С. Аветисов // Офтальмогериатрия. – М.: Медицина, 1982.– С. 68–289.
5. Аветисов, Э.С. Патогенез близорукости, профилактика ее прогрессирования и осложнений / Э.С.Аветисов. – М.: Медицина, 1990. – С. 2–12.
6. Аветисов, Э.С. Бинокулярное зрение. Клинические методы исследования и восстановления / Э.С. Аветисов, Т.П. Кащенко // Клиническая физиология зрения: сб. трудов МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – М., 1993. – С. 199–209.
7. Аветисов, С.Э. Биомеханические исследования патогенеза миопии / С.Э. Аветисов, Е.Н. Иомдина // Близорукость, нарушения рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата: Труды межд. симп.– М., Аветисов, Э.С. Близорукость. / Э.С. Аветисов. – М.: Медицина, 2002. – 288 с.
8. Аккомодация: руководство для врачей / под ред. Л.А. Катаргиной. – М.: Апрель, 2012. – 136 с.
9. Акопян, А.И. Ценность биомеханических параметров глаза в трактовке развития глаукомы, миопии и сочетанной патологии / А.И. Акопян, В.П. Еричев, Е.Н. Иомдина // Глаукома.– 2008. – №1. – С.9–14.

10. Аксёнова, Е.Б. Методы коррекции пресбиопии контактными линзами. Случай из практики / Е.Б. Аксёнова, Л.Я. Ретунских // Современная оптометрия. – 2011. – № 6. – С. 39–41.
11. Аксенова, Н.С. Саногенетические механизмы реабилитационного эффекта бинариметрии у больных с миопией при контактной коррекции зрения: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / Аксенова Наталья Станиславовна. – Иркутск, 2009. – 122 с.
12. Алешаева, М.И. Адаптация классификации гониодисгенеза угла передней камеры при миопии / М.И. Алешаева, С.Н. Косарева // Геронтологические аспекты офтальмологии: Материалы всеросс. конференции. – Самара, 2002. – С. 593–595.
13. Алиев, А–Г.Д. Клиническая классификация aberrаций оптической системы глаза человека / А–Г.Д. Алиев, М.И. Исмаилов // Офтальмол. стран Причерноморья: Сб. науч тр. – Краснодар, 2006. – С. 365–371.
14. Алферова, М.А. Основы прикладной статистики (использование Excel в медицинских исследованиях): учеб. пособие / М.А. Алферова, И.М. Михалевич, Н.Ю. Рожкова. – Иркутск: ИГИУВ, 2003. – 101 с.
15. Ананин, В.Ф. Аккомодация и близорукость / В.Ф. Ананин. – М.: Биомединформ, 1992. – 113с.
16. Ананин, В. Ф. Механизм близорукости / В.Ф. Ананин. – М.: Биомединформ, 1996. – С. 7–15.
17. Арановская, О.Ю. Патогенетическое обоснование бинариметрии в реабилитации детей с прогрессирующей миопией после склероукрепляющих операций: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / Арановская Ольга Юрьевна. – Иркутск, 2006. – 138 с.
18. Бабич, Г. А. Некоторые физиологические механизмы процесса адаптации глаза к мягкой контактной линзе / Г.А. Бабич, М.В. Зеленская, Л.А. Лапина // Матер. VI Всес. съезда офтальмол. – М.: 1985. – № 5 – С.28–30.

19. Балашевич, Л.И. Рефракционная хирургия / Л.И. Балашевич. – СПб.: СПбМАПО, 2002. – 288 с.
20. Балашевич, Л.И. Клиническая корнеотопография и aberрометрия / Л.И. Балашевич, А.Б. Качанов – М.: ФГУ МНТК «Микрохирургия глаза», 2008. – 167с.
21. Балашевич, Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации / Л.И. Балашевич. – СПб.: СПбМАПО, 2009. – 296 с.
22. Барсегян, Г.Л. Контрастная чувствительность в диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Ереван, 1999. – 24 с. Как в 19.
23. Беликова, Е.И. Результаты хирургической коррекции пресбиопии с использованием мультифокальных и аккомодирующих интраокулярных линз. / Е.И. Беликова, С.В. Антонюк, С.А. Кочергин // Вестник офтальмологии. – 2011. – № 6. – С. 18–21.
24. Бианчи, К. Пресбиопия и рефракция: коррекция пресбиопии в клинической практике. / К. Бианчи // Современная оптометрия. – 2011. – № 3(43). – С. 28–35.
25. Боровиков В.П. Программа Statistica для студентов и инженеров / В.П. Боровиков. – М.: КомпьютерПресс, 2001. – 301 с.
26. Бородина, Н.В. Сравнительная оценка эффективности мягких контактных линз различных конструкций при коррекции пресбиопии / Н.В. Бородина, Г.Б. Егорова // Офтальмология. – 2004. – Т.1.– №1. – С. 34–37.
27. Бородина, Н.В. Исследование возможностей контактной коррекции пресбиопии: автореф. ...канд. мед. наук: 14.00.08 / Бородина Наталья Владимировна. – М., 2004. 25 с.
28. Братко, О.В. Биомеханические особенности роговой оболочки у лиц с миопической рефракцией / О.В. Братко // Аспирантский вестник Поволжья. – 2008. – № 3–4. – С. 178–180.

29. Братко, О.В., Внутриглазное давление у здоровых лиц при разных видах клинической рефракции / О.В. Братко // Аспирантский вестник Поволжья. – 2009. – № 3–4. – С.128–130.
30. Вайнер, К. Миопия. Часть 2. Распространение и патология. Университет Брэдфорда, Великобритания / К.Вайнер // Современная оптометрия. – 2011. – №2 С. 25–31.
31. Вит, В.В. Строение зрительной системы человека / В.В. Вит. – Одесса: Астропринт, 2003. – 655 с.
32. Влияние мягких контактных линз асферического дизайна на контрастную чувствительность зрительной системы. / Сенокосов А. В., Дзодзуашвили С. А., Васильева К. А. [и др.] // Современная оптометрия. – 2007. – № 5. – С. 10–13.
33. Волков, В.В. Клиническая визо- и рефрактометрия / В.В. Волков, А.И. Горбань, О.А. Джалиашвили. - М.: Медицина, 1976. - 216 с.
34. Волков, В.В. Аккомодация и близорукость / В.В. Волков, А.И. Горбань, О.А. Джадиашвили // Офтальмол. журнал. – 1984. – №2. – С. 112 – 117.
35. Волков, В. В. Пособие по визоконтрастопериметрии (методические рекомендации и атлас) / В. В. Волков, Л. Н. Колесникова, Ю. Е. Шелепин. – М.: Наука, 1988. – 15 с.
36. Волков, В.В. Острота зрения, контрастная чувствительность и устойчивость к слепящим засветам / В.В. Волков // Функциональные методы исследования в офтальмологии. – М.: Медицина, 1998. – Гл. 2. – С. 32–66.
37. Волков, В. В. По поводу аккомодации глаза / В.В.Волков // Окулист. –2003. – № 6. – С.6–7.
38. Гланц С. Медико–биологическая статистика / С. Гланц. – М.: Практика, 1999. – 459 с.
39. Горенский, А.А. Взаимодействие механизмов, реализующих деятельность зрительной системы в норме и при миопии высокой

- степени: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / Горенский Александр Александрович. – Иркутск, 2002. – 116 с.
40. Гулидова, Е.Г. Аккомодация и гидродинамика миопического глаза / Е.Г. Гулидова, В.В. Страхов // Материалы Российск. общенац. офтальм. форум. – М., 2008. – С.529–532.
41. Гутник, И.Н. Зрительно– проприоцептивные взаимодействия как основа эволюционирования системы пространственного зрения / И.Н. Гутник, А.В. Болотов, А.М. Садовников // X Всесоюзн. совещание по эволюционной физиологии: Тез.докл.. – Л.: 1990. – С.60–61.
42. Гутник, И.Н. Механизмы нарушения пространственного зрения при проприоцептивном дефиците экстраокулярных мышц: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 14.00.17 / Гутник Игорь Нэрисович. – Иркутск, 1994. – 41 с.
43. Даниличев, В.Ф. Материалы для производства мягких контактных линз / В.Ф. Даниличев, С.А. Новиков, В.Н. Павлюченко // Современная оптометрия. – 2007. – №4 (4). – С.6–9.
44. Дашевский, А.И. Близорукость / А.И. Дашевский.– М.: Медицина, 1963. – 56 с.
45. Дашевский, А.И. Объективное измерение анатомо–оптических параметров эмметропических и аметропических глаз / А.И. Дашевский // Офтальмол. журнал. – 1982. – №8. – С. 484 – 487.
46. Егорова, Г.Б. Аберрации человеческого глаза, способы их измерения и коррекции / Г.Б. Егорова, Н.В. Бородина, И.А. Бубнова // Клиническая офтальмология. – 2003. – Т.4. – №4. – С. 30 – 32.
47. Егорова, Г.Б. Возрастная недостаточность аккомодации (пресбиопия): терминология, теории возникновения, принципы коррекции / Г.Б. Егорова, Н.В. Бородина, С.А. Аветисов // Вестник офтальмологии. – 2004. – № 5. – С.51–54.

48. Егорова, Г.Б. Оптимизация контактной коррекции первичных и вторичных аметропий: дис. ... док. мед. наук: 14.00.08 / Егорова Галина Борисовна. – Москва, 2005. – 161с.
49. Егорова, Г.Б. Сравнительная оценка влияния сферических и асферических мягких контактных линз на оптические аберрации глаза и зрительные функции / Н.В. Бородина, Ю.С. Зуева, Н.В. Бобровских // Всероссийская школа офтальмологов: Сборник научных трудов. – М. 2007.– С. 323–330.
50. Емельянов, Г.А. Оценка функциональных нарушений зрения у пациентов с близорукостью различных степеней / Г.А. Емельянов // Материалы Всероссийского научного форума по восстановительной медицине, лечебной физкультуре, спортивной медицине и физиотерапии «РеаСпоМед–2008». –2008. – С.88.
51. Зайцев, В.М. Прикладная медицинская статистика / В.М. Зайцев, В.Г. Лифляндский, В.И. Маринкин. - СПб.: Фолиант, 2003. - 432 с.
52. Закономерности структурно–морфологических изменений глазного яблока при развитии пресбиопии // О.И. Розанова, А.Г. Щуко, И.М. Михалевич [и др.] // Российский офтальмологический журнал. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 62–66.
53. Закономерности и механизмы трансформации зрительного восприятия при формировании пресбиопии / О.И. Розанова, А.Г. Щуко, И.М. Михалевич [и др.] // Вестн. офтальмол. - 2011. - №3. - С.17–20.
54. Зислина, Н.Н. Влияние функциональных и органических нарушений в зрительной системе на амплитудные характеристики вызванных потенциалов / Н.Н. Зислина, Р.С. Сорокина // Физиология человека. – 1991. – Т.17, № 3. – С. 27.
55. Золотарёв, А. В. Морфология и токсография связочного аппарата хрусталика / А.В. Золотарёв, Е.В. Карпова, Т.А. Николаева // Росс. общенац. офтальмол. форум: Сб. науч. тр. – М.: 2009. – С. 392–394.

56. Золотарёв, А.В. Роль пресбиопических изменений в патогенезе первичной глаукомы / А.В. Золотарёв, Е.В. Карлова // IX съезд офтальмологов России: Тез. докл. - М., 2010.– С. 150.
57. Игнатъев, С.А. Динамика бинокулярного зрения при рефракционных оперативных вмешательствах / С.А. Игнатъев, В.А. Павлов // Рефракционные и глазодвигательные нарушения: Труды межд. конф., 25–26 сентября 2007г. – М., 2007. – С.33.6–33.8.
58. Изменение аберрации кома при коррекции миопии методом стандартного LASIK / О.А. Костин, С.В. Ребриков, А.И. Овчинников [и др.] // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2009: Сб. науч. статей. – М., 2009. – С. 310–312.
59. Иомдина, Е.Н. Биомеханика корнеосклеральной оболочки глаза при миопии и глаукоме: сходства и различия / Е.Н. Иомдина // Биомеханика глаза –2009: Сб. труд. IV семинара. – М., 2009. –С. 110–114.
60. Иомдина, Е.Н. Изменение оптических и энергетических параметров глаза при аккомодации в зависимости от состояния хрусталика и других структур глаза / Е.Н.Иомдина, М.В.Полоз // Сборник трудов конференции «Биомеханика глаза 2009». – М., 2009. – С. 6–11.
61. Иомдина, Е.Н. Биомеханическая модель глаза человека как основа для изучения его аккомодационной способности / Е.Н. Иомдина, В.П.Полоз // Российский журнал биомеханики. – 2010. – № 3(49), – С. 7–18.
62. Иомдина, Е. Н. Возможности использования биомеханической модели глаза для изучения возрастных изменений аккомодационной способности / Е. Н. Иомдина, М. В. Полоз // Российский офтальмологический журнал. – 2011. – № 1. – С. 17–21.
63. Катькова, Е.А. Диагностический ультразвук / Е.А. Катькова // Офтальмология (Практическое руководство); под ред. А.В. Зубарева – М.: СТРОМ, 2002. – 120 с.

64. Кендалл, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендалл, А. Стюарт. - М.: Наука. – 1973. – 736 с.
65. Киваев, А.А. Контактная коррекция зрения./ А.А. Киваев, Е.И. Шапиро.– М.: ЛДМ Сервис. – 2000. – 224с.
66. Коваленко, В.В. Состояние бинокулярного зрения у школьников / В.В. Коваленко, И.Ф. Сазанчук // Азербайджанский медицинский журнал. – 1980. – №1. – С. 31 – 33.
67. Контрастная чувствительность в диагностике заболеваний зрительного анализатора: метод. пособия для врачей / А.М. Шамшинова, В.М. Шапиро, А.Е. Белозёров [и др.]. – М.: МЗ РФ, 1996. – 18 с.
68. Конькова, Л.В. Состояние офтальмотонуса при приобретенной близорукости / Л.В. Конькова, Р.А. Никишин, О.А. Корепанова // Близорукость, нарушение рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата: Труды межд. Симп., посв. памяти проф. Э.С. Аветисова.– М.: 2001. – С. 44–46.
69. Корниловский, И. М. Новая энергосберегающая гидродинамическая теория аккомодации / И.М. Корниловский // Рефракц. хирургия и офтальмол. – 2010. – Т. 10, № 3. – С. 16–22.
70. Корниловский, И.М. Патогенетическая направленность коррекции аберраций оптической системы глаза.// Рефракционная хирургия и офтальмология, - 2010.– Т.10. № 2. – С.21–27.
71. Крыжановский, Г.Н. Общая патофизиология нервной системы / Г.Н. Крыжановский. – М.: Медицина, 1997. – 352 с.
72. Крыжановский, Г.Н. Дезрегуляционная патология: Руководство для врачей и биологов / Г.Н. Крыжановский. – М.: Медицина, 2002. – 632 с.
73. Кузнецова, М.В. Причины развития близорукости и ее лечение / М.В. Кузнецова. – М.: МЕДпресс–информ, 2005. – 176 с.
74. Кузнецова, Ю.С. Влияние контактных линз на уровень оптических аберраций и зрительные функции: автореф. дис. ... канд.

мед. наук: 14.00.08. / Кузнецова Юлия Сергеевна. – М., 2009. – 28с.

75. Кушнаревич, Ю.К. Контрастная чувствительность пресбиопов при коррекции мультифокальными контактными линзами и монокулярной коррекции при разных условиях освещённости / Ю.К. Кушнаревич, А.Б. Тырин // Современная оптометрия. - 2011. - № 3. - С. 20–27.

76. Лавач, С.М. Статистические методы в медико–биологических исследованиях с использованием Excel / С.М. Лавач, А.В. Чубенко, П.М. Бабич. – Киев: Морион, 2000. – 320 с.

77. Лапочкин В.И. Приобретенная близорукость: диагностика, клиника, лечение. Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 1998. Как в 75.

78. Лещенко, И.А. Практическое руководство по подбору мягких контактных линз / И.А. Лещенко. – СПб.: РА «Веко». - 2010. – 224 с.

79. Либман, Е.С. Слепота и инвалидность по зрению в населении России / Е.С. Либман, Е.В. Шахова // Тез. докл. VIII съезда офтальмол. России. – М. – 2005. – С.76–79.

80. Лэйн, Н. Спор о механизмах аккомодации продолжается / Н. Лэйн // Новое в офтальмологии. - 2007. - №4. - С.56–59.

81. Малышев, В.В. Эволюция представлений о механизмах бинокулярного пространственного зрения / В.В. Малышев, И.Н. Гутник, Л.Н. Бачалдина // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2004. – № 2. – С. 13–19.

82. Малышев, В.В. Трансформация функциональной системы зрительного восприятия из нормальной в патологическую / В.В. Малышев, О.И. Розанова, И.Н. Гутник [и др.] // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2004. – № 2. – С. 19–26.

83. Малюгин, Б.Э. Механизмы аккомодации: исторические аспекты и современные представления/ Б.Э. Малюгин, С.А. Антонян // Новое в офтальмологии. – 2005. – № 4. – С. 45.

84. Минаев, Ю.Л. Коррекция волнового фронта для устранения аберраций высших порядков / Ю.Л. Минаев // Вестник оптометрии. -

2008. – № 1. – С. 42–48.

85. Минеева, Л.А. Инволюционные изменения аккомодационного аппарата глаза и их клинические проявления: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / Минеева Лидия Алексеевна. – Ярославль, 2007. – 145 с.

86. Михалевич, И.М. Основы прикладной статистики: учеб. пособие / И.М Михалевич, М.А. Алферова, Н.Ю. Рожкова. – Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2012. – ч. III – 92 с.

87. Мищенко, О.П. Роль нарушения бинокулярного взаимодействия в патогенезе и лечении пресбиопии: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.03 / Мищенко Олег Павлович. – Иркутск, 2014. – 23 с.

88. Мищенко, Т.С. Раскрытие закономерностей структурно–функциональных изменений зрительной системы при формировании пресбиопии: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.03 / Мищенко Татьяна Сергеевна. – Иркутск, 2013. – 23 с.

89. Могилев, Л. Н. К вопросу об эволюции пространственного зрения / Л.Н. Могилев, И.Л. Рычков // Функционально–структурные основы системной деятельности и механизмы пластичности мозга. Вып. 3. – М.: Медицина, 1974. – С.466–470.

90. Могилев, Л.Н. Механизмы пространственного зрения / Л.Н. Могилев. – Л.: Наука, 1982. – 112с.

91. Мухамадеев, Р.А. Изменения центральной и периферической чувствительности к белому и красному свету с возрастом в норме и при миопии / Р.А. Мухамадеев // Сенсорные системы.– 2010. - Том: 24, №1. - С. 51–59.

92. Нестеров, А.П. Глаукома / А.П. Нестеров. – М.: Медицина, 1995. – 246с.

93. Нисан, Б.А. Асферические контактные линзы, что это такое? Каковы преимущества асферических линз перед сферическими? / Б.А. Нисан, Н.Л. Плыгунова // Вестник оптометрии. – 2005. – N 6. – С.44 – 47.

94. Овечкин, И.Г. Исследование аккомодационной способности у пациентов пресбиопического возраста без патологии зрения. / И.Г. Овечкин, В.Д. Антонюк, С.В. Антонюк // Катарактальная и рефракционная хирургия. - 2013г. - №3. - с.47–49.
95. Основы прикладной статистики (использование Excel в медицинских исследованиях): учебное пособие. Вып. II / Сост. М.А. Алферова, И.М. Михалевич, Н.Ю. Рожкова. – Иркутск: ИГИУВ, 2007. – 101 с.
96. Пивоваров, Н.Н. Аккомодация и пресбиопия в свете новых гипотез (дискуссионные вопросы) / Н.Н. Пивоваров, Е.Н. Суркова // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2010. – Т. 10, № 4. – С. 4–10.
97. Писаревская, О.В. Закономерности и механизмы изменений структурно–функционального состояния зрительной системы у пациентов с миопией высокой степени после лазерного кератомилёза и бинариметрии: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / Писаревская Олеся Валерьевна. – Иркутск, 2009. – 180 с.
98. Пожарицкий, М.Д. Динамика качества жизни после проведения фоторефракционной коррекции зрения / М.Д. Пожарицкий // Тезисы докладов XI Международной конференции «Современные технологии восстановительной медицины и реабилитации». – М., 2010. – С. 200.
99. Проскурина, О.В. Пресбиопия: современный подход к очковой коррекции / О.В. Проскурина // Российский офтальмологический журнал. – 2009. – Т.2, № 2. – С.52–55.
100. Проскурина, О.В. Пресбиопия: современный подход к очковой коррекции. Ч. 3. Определение и обозначение расстояния между оптическими центрами корригирующих линз в пресбиопических очках / О.В. Проскурина // Российский офтальмологический журнал. – 2010. – Т.3, №2. – С.49–52.

101. Пучковская, Н.А. Офтальмогериатрия / Н.А. Пучковская. – М.: Медицина, 1982 –. 304 с.
102. Рабичев, И.Э. Системная организация и механизмы направленной коррекции бинокулярного зрения: дис. ... д-ра биол. наук: 14.00.17/ Рабичев Игорь Энгельсович. – М., 1998. – 192 с.
103. Радзиховский, Б.Л. Старческая дальнозоркость / Б.Л. Радзиховский. – Л.: Медицина, 1965. – 159 с.
104. Растон, Д. Компьютеры, комфорт и контактные линзы / Д.Растон // Вестник оптометрии. - 2007. – № 1.– С. 22 –26.
105. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTIKA / О.Ю. Реброва. – М.: МедиаСфера, 2003. – 312 с.
106. Розанова, О.И. Закономерности изменений функций зрительной системы у больных содружественным косоглазием и разработка патогенетических принципов лечения: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 / Розанова Ольга Ивановна. – Иркутск, 2004. – 123 с.
107. Розанова, О.И. Состояние зрительной системы у здоровых людей / О.И. Розанова, В.П. Ильин // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2004. – № 2. – С. 32–37.
108. Розанова, О.И. Дизрегуляция механизмов зрительного восприятия при формировании пресбиопии / О.И. Розанова, В.В. Малышев // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – № 6. – С.74–78.
109. Розанова, О.И. Изменение бинокулярного взаимодействия при формировании пресбиопии / О.И. Розанова, А.Г. Щуко // Вестник Новосибирского государственного университета. – 2012. – Т. 10, № 5. – С. 123–129.
110. Розанова, О.И. Закономерности инволюционных изменений зрительной системы / О.И. Розанова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – №4 (153). – С. 212–216.

111. Розенблюм, Ю.З. Изучение аккомодации от Гельмгольца до наших дней / Ю.З. Розенблюм // Актуальные вопросы офтальмологии: Тез. докл. – М., 1995. – С. 23–40.
112. Розенблюм, Ю.З. Оптометрия. / Ю.З. Розенблюм. – СПб.: Гиппократ, 1996. – 272 с.
113. Розенблюм, Ю.З. Аккомодация в молодом возрасте: норма и патология / Ю.З. Розенблюм, И.Н. Кошиц, О.В. Светлова // Вестн. РАМН. – 2003. – № 5. – С. 10–15.
114. Розенблюм, Ю.З. Развитие рефракции в норме и при патологии / Ю.З. Розенблюм, О.В. Проскурина // Зрительные функции и их коррекция у детей. – М.: Медицина. – 2005. – С.49–57.
115. Семчишен, В., Мрохен М. Особенности аберраций высших порядков при аметропии и эмметропии / В. Семчишен, М. Мрохен // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2003. – Т.3. – №3,– С.10–12.
116. Сомов, Е. Е. Влияние лазерного кератомилеза *in situ* на зрительную работоспособность миопов / Е.Е. Сомов, Ю.А. Павлова, А.В. Титов // Федоровские чтения 2008: материалы научно–практ. конф.– М.: Офтальмология, 2008. – С. 107.
117. Способ оценки степени бинокулярного взаимодействия: заявка № 2012103263 (004848) Рос. Федерация / Розанова О.И., Щуко А.Г., Малышев В.В., Мищенко Т.С.; приоритет от 01.02.12.
118. Способ улучшения зрительных функций при пресбиопии: заявка № 2013130337 (045268) Рос. Федерация / Розанова О.И. Селиверстова Н.Н. Мищенко Т.С. [и др.]; приоритет от 04.07.2013.
119. Спрейс, И.Ф. Основы прикладной статистики (использование Excel и Statistika в медицинских исследованиях): учеб. пособие / И.Ф. Спрейс, М.А. Алфёрова, И.М. Михалевич. – Иркутск: ИГИУВ, 2001. – Вып.1 – 72 с.

120. Страхов, В.В. Аккомодация и гидродинамика глаза / В.В. Страхов, А.Ю. Суслов, М.А. Бузыкин // Клиническая офтальмология. – 2003. –Т.4, №2. – С. 625.
121. Страхов, В.В. Проблемы аккомодации глаза / В.В. Страхов. – Ярославль: Медиздат, 2004. – 92 с.
122. Страхов, В.В. Инволюционные изменения аккомодационного аппарата глаза человека по данным ультразвуковой биометрии и биомикроскопии. / В.В. Страхов, Л.А. Минеева, М.А. Бузыкин // Вестн. офтальмол. – 2007. – Т.123. – № 4. – С.32–35.
123. Страхов, В.В. К вопросу о биомеханизме инволюционных изменений аккомодации глаза человека / В.В. Страхов, Л.А. Минеева, М.А. Бузыкин // Биомеханика глаза – 2007: Сборник тр. конф. – 2007. – С.49–54.
124. Страхов, В.В. Аккомодативная регуляция офтальмотонуса / В.В. Страхов, Е.Г. Гулидова, Л.А. Минеева // Российский офтальмологический журнал. – 2010. – № 4. – С. 37 – 41.
125. Тарутта, Е.П. Взаимосвязь биомеханических особенностей корнеосклеральной капсулы и стереометрических параметров диска зрительного нерва при врожденной и приобретенной миопии / Е.П. Тарутта, Г.А. Маркосян, Е.Н. Иомдина // Вестник офтальмологии. -2013. – N 4.– С.29–34.
126. Тахтаев, Ю.В. Интраокулярная коррекция аметропии и пресбиопии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.08 / Тахтаев Юрий Викторович. – М., 2008. – 262 с.
127. Теоретическая и клиническая бинариметрия / Л. Н. Бачалдина, И.Н. Гутник, А.В. Короленко [и др.]; под ред. проф. А.Г. Щуко, проф. В.В. Малышева. - Новосибирск: Наука, 2006. - 184 с.
128. Тяжев, М.Ю. Патогенетическое обоснование бинариметрии в реабилитации больных с миопией высокой степени после имплантации интраокулярных факичных линз: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.16 /

- Тяжев Михаил Юрьевич. – Иркутск, 2007. – 135 с.
129. Франклин, Н. Контактные линзы для коррекции пресбиопии. Часть I. Дизайн / Н.Франклин // Современная оптометрия. – 2012. – № 5. - С.14.
130. Франклин, Н. Контактные линзы для коррекции пресбиопии. Часть III. Пациент недоволен. Что делать? / Э. Франклин // Современная оптометрия. – 2012. – № 1. - С. 12–16.
131. Фундаментальные исследования биохимических и ультраструктурных механизмов патогенеза прогрессирующей миопии / Е.Н. Иомдина, Е.П. Тарутта, Н.Ю. Игнатьева, И.А. Костанян [и др.] // Российский офтальмологический журнал. – 2008. - №3. - С.7–12.
132. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. - М.: Медицина, 2004. - 435 с.
133. Шамшинова, А.М. Биоэлектрическая активность сетчатки при врожденной миопии у детей / А.М. Шамшинова, Е.П. Тарутта, И.В. Зольникова // Вестник Офтальмол. – 2008. – Т. – №5. – С.44–50.
134. Шамшинова, А.М. Электроретинография в офтальмологии / А.М. Шамшинова. – М.: Медика, 2009. – 304 с.
135. Шевченко, М.В. Внутриглазное давление у пациентов с различными видами клинической рефракции / М.В. Шевченко, О.Х. Фатах, О.В. Братко // Актуальные проблемы офтальмологии: Сборник научн. статей . – М.,2009. – С.147–150.
136. Шевченко, М.В. Оценка биомеханических особенностей фиброзной оболочки глаза при миопии и глаукоме / М.В. Шевченко, О.В. Братко // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2011. – Т.12, №4. – С.124–125.
137. Шульпина, Н.Б. Биомикроскопия глаза / Н.Б. Шульпина. – М.: Медицина, 1996. – 288 с.

138. Щуко, А.Г. Ультразвуковая диагностика в офтальмологии / А.Г. Щуко, С.И. Жукова, Т.Н. Юрьева. – М.: Офтальмология, 2013. – 128 с.
139. Эфрон Н. Изменение топографии роговицы, вызванное ношением контактных линз / Н. Эфрон // Вестник оптометрии. - 2001. – №4. – С.37–49.
140. A population–based assessment of presbyopia in the state of Andhra Pradesh, south India: the Andhra Pradesh Eye Disease Study / P.K. Nirmalan, S. Krishnaiah, B.R. Shamanna, [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2006. – Vol.4, № 6. - P. 8–16.
141. Adaptation to multifocal and monovision contact lens correction / P.R. Fernandes, H.I. Neves, D.P. Lopes–Ferreira [et al.] // Optom. Vis. Sci. – 2013. – Vol.90, № 3. – P.228–35.
142. Alonso, J. International applicability of the VF14. An index of visual function in patients with cataracts / J.Alonso, M. Espallargues, T.F. Andersen // Ophthalmology. – 1997. – Vol. 104, N 5. – P. 799–807.
143. Alpern, M. The nature of presbyopia / M. Alpern // The Eye. 2nd ed., ed. by H. Davson. – New York: Academic Press, 1969.–Vol.3. – P. 236–241.
144. Amidieu, H. The impact of progressive lenses on the market for correction presbyopia / H. Amidieu // Points de Vue. – New–York: Spring, 2009. – P.20–22.
145. Amigó, A. Rotationally asymmetric multifocal IOL implantation in acquired nystagmus with spectacle and contact lens intolerance / A. Amigó, S. Bonaque // J. Refract. Surg. – 2013. – Vol.29. – P.8-506.
146. Applegate, R.A. Are all aberrations equal? / R.A. Applegate, E.J. Sarver, V. Khemsara // J. Refr. Surg. – 2002. – Vol. 18. – P. 556–562.
147. Applegate, R.A. Three–dimensional relationship between high–order root–mean–square wavefront error, pupil diameter and aging / R.A. Applegate, W.J. Donnelly, J.D. Marsack [et al] // J. Opt. Soc. Am. – 2007. – Vol.24, N3. – P.578–587.
148. Artal, P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change

- of ocular aberrations with age / M. Ferro, I. Miranda, R. Navarro // J. Opt. Soc. Am. – 2002. – Vol.19. – P.137–143.
149. Atchison, D.A. Accommodation and presbyopia / D.A. Atchison // Ophthalmic Physiology Optics. – 1995. – N 15. – P. 255–272.
150. Back, A. Comparative visual performance of three presbyopic contact lens corrections / A. Back // Optom. Vis. Sci. – 1992. – Vol. 69, N6. – P. 474–80.
151. Bakaraju, R.C. Inherent ocular spherical aberration and multifocal contact lens optical performance / R.C. Bakaraju, K. Ehrmann, A. Ho // Optom. Vis. Sci. – 2010. – Vol.87, N.12. – P.1009–22.
152. Bashour, M. Presbyopia and Amplitude of Accommodation / M. Bashour, L. Lothringer // Am. J. Ophthalm. – 2006. – Vol. 23. – P. 24–27.
153. Belville, J.K. Presbyopia surgery / J.K. Belville, R.J. Smith. – New York: SLACK incorp., 2006. – 209 p.
154. Benjamin, W.J. Presbyopia and the influence of ageing on prescription of contact lenses / W.J. Benjamin, I.M. Borish // J. American Optometry Association. – 1991. – Vol. 62, N 10. – P. 743–753.
155. Benjamin, W.J. Presbyopia and the influence of ageing on prescription of contact lenses / W.J. Benjamin, I. M. Borish / Ed. M. Ruben. Contact Lens Practice. – Stargardt: Chapman & Hall, 1994. – P.763–828.
156. Benjamin, W. Comparing multifocal and monovision / W. Benjamin // CL .spectrum. – 2007. – Vol. 22. – P. 33–9.
157. Berntsen, D.A. Peripheral defocus with spherical and multifocal soft contact lenses / D.A. Berntsen, CE. Kramer // Optom. Vis. Sci. – 2013. – Vol.90, N11. – P.1215–24.
158. Bishop, P. O. Neural mechanism of binocular vision / P.O. Bishop, J. D. Pettigrew // Vision Res. – 1986. – Vol.26, N.9. – P.1587–1600.
159. Bito, L.Z. Accommodation and presbyopia / L.Z. Bito, O.C. Miranda // ed. R.D. Reinecke. Ophthalmology Annual. – New York: Raven Press, 1989. – P. 103–128.

160. Bottos, K.M. Corneal asphericity and spherical aberration after refractive surgery / K.M. Bottos, M.T. Leite, M. Aventura–Isidro [et al] // J. Cataract Refract. Surg. – 2011. – Vol. 37, N 6. – P. 1109–1115.
161. Buscemi, P. Clinical applications of the OPD–scan wavefront aberrometer / corneal topographer / P. Buscemi // J. Refract. Surg. – 2002. Vol.18. – P. 385 – 388.
162. Campbell, F.W. W. The effect of chromatic aberration on visual acuity / F.W.Campbell, R.W. Gubisch // J. Physiol. – 1967. – Vol.192. – P. 345–358.
163. Castejon Mochon, J.F. Ocular wave–front aberrations statistics in a normal young population / J.F. Castejon Mochon, N. Lopez–Gil, A. Benito // Vis. Res. – 2002. – Vol. 42. – P. 1611–1617.
164. Changes in accommodation and ocular aberration with simultaneous visionmultifocal contact lenses / J. Ruiz–Alcocer, D. Madrid–Costa, H. Radhakrishnan [et al] // Eye Contact Lens. – 2012. – Vol.38, №5. – P.288–94.
165. Chen, J.C. Evaluation of inner retinal function in myopia using oscillatory potentials of the multifocal electroretinogram / J.C. Chen, B. Brown, K.L. Schmid // Vision Res. – 2006. – Vol. 46. – № 24. – P. 4096–4103.
166. Cheng, D. Myopia Prevalence in Chinese–Canadian Children in an Optometric Practice / D. Cheng, K. Schmid // Optometry and Vision Science. – 2007. – Vol.84, N1. – P. 21–32.
167. Chu, B.S. The effect of presbyopic vision corrections on nighttime driving performance / B.S. Chu, J.M. Wood, M.J. Collins // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol.51, N9. – P.6-18.
168. Ciuffreda, K.J. Presbyopia and the vergence system / K.J. Ciuffreda, P. Thiagarajan // Presbyopia: Origins, effects, and treatment / Ed. by I.G. Pallikaris. - Thorofare (NJ): SLACK; 2012. - P. 103–9.
169. de Gracia, P. Experimental simulation of simultaneous vision / P. de Gracia, C. Dorronsoró, A. Sánchez–González // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2013. - Vol. 17. – P. 220-415.

170. de Gracia, P. Multiple zone multifocal phase designs / P. de Gracia, C. Dorronsoro, S. Marcos // *Opt. Lett.* – 2013. – Vol.38. – P.9-35.
171. Development of a questionnaire to assess the relative subjective benefits of presbyopia correction / P.J. Buckhurst, J.S. Wolffsohn, N. Gupta, S.A. Naroo [et al] // *J. Cataract Refract. Surg.* – 2012. – Vol.38, № 9. – P.74.
172. Donders, F.C. On the anomalies of accommodation and refraction of the eye; with a preliminary essay on physiological dioptrics / F.C. Donders. – London: New Sydenham Society, 1864. – 117p.
173. Duane, A.J. Normal values of the accommodation of all ages / A.J. Duane // *J. Am. Med. Assoc.* – 1912. – Vol.59. – P. 1010–1013.
174. Duane, A. Are the current theories of accommodation correct? / A. Duane // *Amer. J. Ophthalmol.* – 1925. – № 8. – P.196–202.
175. Dubbelman, M. Changes in the internal structure of the human crystalline lens with age and accommodation / M. Dubbelman, G.L. Van der Heijde, H.A. Weeber [et al] // *Vision Research.* – 2003. – № 43, N.22. – P.2363–2375.
176. Dubezies, O. Contact lenses / O.N. Dubezies. – New-York: Crune and Stratton, 1984. – 246 p.
177. Duke-Elder, S. System of Ophthalmology / S. Duke-Elder // *The Physiology of the Eye and of Vision* / S. Duke-Elder. – St. Louis: Mosby, 1968. – 345 p.
178. Efron, N. Trends in Australian contact lens prescribing during the first decade of the 21st Century / N. Efron, P.B. Morgan, C.A.Woods // *Clin. Exp. Optom.* – 2010. – Vol.93, N4. – P.243–52.
179. Eskridge, J. Review of ciliary muscle effort in presbyopia / J. Eskridge // *Amer. J. Optometric Physiology Optics.* – 1984. – № 6. – P.133–138.
180. Evans, B.J. Monovision: a review / B.J. Evans // *Ophthalmic and Physiological Optics.* – 2007. – Vol.27, №5. – P.417–439.
181. Ferrer-Blasco, T. Stereoacuity with balanced presbyopic contact lenses / T. Ferrer-Blasco, D. Madrid-Costa // *Clin. Exp. Optom.* – 2011. –

Vol. 94, N1. – P. 76–81.

182. Fincham, E. The mechanism of accommodation /E. Fincham // Br.J.Ophthalmology.– 1937.– Vol.8. – P.5–80.

183. Fincham, E.F. The proportion of ciliary muscular force required for accommodation / E. Fincham //J. Physiology. – 1955. – № 128. – P. 99–112.

184. Finlay, A.L. Binocular vision and refractive surgery / A.L. Finlay // Contact Lens & Anterior Eye. – 2007. –Vol. 30, N 2. – P. 76–83.

185. Fisher, R.F. Presbyopia and the changes with age in the human crystalline lens / R.F. Fisher // J. Physiology. – 1973. – №228. – P.765–779.

186. Funata, M. Scleral change in experimentally myopic monkeys / M. Funata, T.Tokoro // Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 1990. – Vol. 228, №2. – P. 174–179.

187. Gauron, V.J. Differences among myopes, emmetropes and hypermetropes / VJ. Gauron //Am. J. Optometry Phisiol. Opht. – 1981. – Vol. 58, № 9. – P. 753–760.

188. Gifford, P. Ocular aberrations and visual function with multifocal versus single vision soft contact lenses / P. Gifford, T. Cannon, C. Lee // Cont Lens Anterior Eye. – 2013. – Vol.36, N2. – P.66–73.

189. Glasser, A. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age / A. Glasser, M.C.W. Cambell // Vision Res. – 1998. – Vol. 38, № 2. – P. 209–229.

190. Glasser A., Kaufman P.L. The mechanism of accommodation in primates // Ophthalmology. - 1999. – Vol. 106, N.5. –P.863–872.

191. Glasser, A. Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia / A. Glasser, M.C.W. Cambell // Vision Res. – 1999. – Vol. 39. – P. 1991–2015.

192. Glasser, A. On modeling the causes of presbyopia / A. Glasser // Vis. Res. – 2001. – Vol.41. – P. 3083–3087.

193. Glasser, A. Presbyopia: a view / A. Glasser, P.L. Kaufman // Medicine J. – 2001. – Vol. 20, № 8. – P.1–14.

194. Global vision impairment due to uncorrected presbyopia / B.A. Holden, T.R. Fricke, S.M. Ho [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 2008. – Vol.126, №12. – P.1731–1739.
195. Grosvenor, T. Role of the cornea in emmetropia and myopia / T. Grosvenor, D.A. Goss // Optom. Vis. Sci. – 1998. – Vol.75. – P. 132–140.
196. Gupta, N. Visual comparison of multifocal contact lens to monovision / N.Gupta // Optom. Vis. Sci. – 2009. – Vol.86, N2. – P. 98–105.
197. Hamasaki, D. The amplitude of accommodation in presbyopia / D. Hamasaki, J. Jng, E. Marg // Am. Optom. Arch. – 1956. – Vol. 33, N1. – P.3–14.
198. Harper D.G. The history of presbyopia. / D.G. Harper // Scope. – 2010, №14. - P. 1–3.
199. Hassan, H. Corneal stability after discontinued soft contact lens wear / H. Hassan, M.R. Firoozabadi, S. Mehravaran // Contact Lens and Anterior Eye. – 2008. – Vol. 31, № 3. – P. 122–125.
200. Helmholtz, H.V. Uber die Accommodation des Auges (Accommodation of the eye) / H.V. Helmholtz // Albrecht von Graefe's Arch. Ophthalmol. – 1855. – N1. – P. 1–89.
201. Hickenbotham, A. Meta-analysis of sex differences in presbyopia / A. Hickenbotham, A. Roorda, C. Steinmaus // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 31, N53. – P. 3215–20.
202. Hipsley, A.M. Visio Dynamics theory. A Biomechanical Model for the Aging Ocular Organ / A.M. Hipsley, D. Dementiev. – New York: Jaypee brothers medical publishers LTD, 2006. – 624 p.
203. Hofer, H. Dynamics of eyes wave aberration / H. Hofer // J. Opt. Soc. Am. - 2001. –Vol. 18. - P. 497–506.
204. Holladay, J.T. Quality of vision: essential optics for the cataract and refractive surgeon / J.T. Holladay. - Thorofare: SLACK incorp., 2009. – 134p.
205. Hood, D.C., Retinal origins of the primate multifocal ERG:

- implications for the human response / D.C. Hood, L.J. Frisban, S. Saszik, [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2002. – Vol. 43, № 5. – P. 1673–1685.
206. Hookway, L.A. Use of ready-made spectacles to meet visual needs in a low-resource adult population. / L.A. Hookway, P. Fuhr, M. Frazier // *Optom. Vis. Sci.* – 2013 – Vol. 90. – P. 494–500.
207. Howard, I.P. Binocular vision and stereopsis / I.P. Howard, B.J.Rogers. – New York: Oxford University Press, 1995. – 736 p.
208. Hubel, D.H. Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint / D.H. Hubel, T.N. Wiessel // *J. Neurophysiol.* – 1965. – Vol. 28. – P. 1014–1059.
209. Hubel, D.H. Laminar and columnar distribution of geniculo-cortical fibers in the monkey / D.H. Hubel, T.N. Wiessel // *J. Comp. Neurol.* – 1972. – Vol. 146. – P. 421–450.
210. Hudson, C. How to succeed with multifocal contact lenses. / C. Hudson // *Optometry today.* – 2011. – № 11.–Vol. 51.– P.120–127.
211. Ito, M. Reading ability with pseudophakic monovision and with refractive multifocal intraocular lenses: comparative study. / M. Ito, K. Shimizu // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2009. – Vol. 35, №9. - P. 1501–1504.
212. Jaeken, B. Optical quality of emmetropic and myopic eyes in the periphery measured with high-angular resolution / B. Jaeken, P. Artal // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2012. – Vol. 5, N53. – P.3405–13.
213. Jenkins, T. C. A. Aberrations of the eye and their effects on vision: part II / T. C. A. Jenkins // *Br. J. Physiol. Opt.* – 1963. – Vol.20. – P. 161–201.
214. Jonas, J.B. Central Corneal Thickness and Thickness of the Lamina Cribrosa in Human Eyes / J.B. Jonas, L. Holbach // *Investigative Ophthalmology and Visual Science.* – 2005. – Vol. 46. – P.1275–1279.
215. Kader, M.A. Electrophysiological study of myopia / M.A. Kader // *Saudi J Ophthalmol.* – 2012. – Vol. 26. – P.9–91.
216. Kang, P. The effect of multifocal soft contact lenses on peripheral

- refraction / P. Kang, Y. Fan, K. Oh, K. Trac. // *Optom. Vis. Sci.* – 2013. – Vol.90, №7, - P.66-69.
217. Kaufman, P.L. Accommodation and presbyopia. Neuromuscular and biophysical aspects / P.L. Kaufman // *Adier's Physiology of the Eye*, 9–th ed. / Ed. W.M. Hart. – St. Louis: Mosby, 1992. – P.391–411.
218. Kingston, A.C. Predicting through–focus visual acuity with the eye's natural aberrations. / A.C. Kingston, I.G. Cox // *Optom. Vis. Sci.* – 2013. – Vol.90, №10. – P.31–53.
219. Koike, A. Spectral sensitivities in high myopic eyes / A.Koike, T. Tokoro // *J. Jap. Ophthalmol. Soc.* – 1986. – Vol. 90. – P. 556–560.
220. Kollbaum, P.S. Quantification of ghosting produced with presbyopic contact lens correction / P.S. Kollbaum, B.M. Dietmeier, M.E. Jansen, M.E. Rickert // *Eye Contact Lens.* – 2012. - Vol. 38, №4. – P.9-252.
221. Koretz J.F. Aging of the human lens: changes in lens shape upon accommodation and with accommodative loss / J.F. Koretz , C.A. Cook, P.L. Kaufman // *J.Optics Society.* – 2002. – №19 (1). – P.144–151.
222. Koretz, J.F. Modeling age–related accommodative loss of the human eye / J.f. Koretz, G.H Handelman // *Math. Modeling.* – 1986. - Vol. 7. – P. 1003– 1014.
223. Krause, K. Acceptance of progressive lenses. / K. Krause // *Klin. Monbl. Augenheilkd.* – 1996. – Vol.209. – P.94–9.
224. Lebow, K.A. Putting new contact lens technology into practice / K.A. Lebow // *Contact Lens Spectrum. Special edition.* – 2007. – Vol. 12. - P. 22 – 29.
225. Lin, J.T. Update of presbyopia treatment by scleral ablation using Er:YAG and UV lasers / J.T. Lin, V. Kadambi // *J. Refract. Surg.* – 2006. – Vol. 22. – P.16–17.
226. Loewenfeld, I.E. The pupil: anatomy, physiology and clinical applications / I.E. Loewenfeld. – Ames, IO & Detroit, MI: Iowa State University Press and Wayne State University Press, 1993. – P. 414–424.

227. López-Gil, N. Correcting ocular aberrations by soft contact lenses / N. López-Gil // *Afr. Optom.* – 2003. – Vol. 62. – № 4. – P.173 – 177.
228. Lord, S.R. Multifocal glasses impair edge-contrast sensitivity and depth perception and increase the risk of falls in older people / S.R. Lord, J. Dayhew, A. Howland // *J. Amer. Geriatr. Soc.* – 2002. – Vol. 50, № 11. – P. 1760–1766.
229. Madrid-Costa, D. Effect of multizone refractive multifocal contact lenses on standard automated perimetry / D. Madrid-Costa, J. Ruiz-Alcocer, S. García-Lázaro // *Eye Contact Lens.* – 2012. – Vol.38, N.5. – P.278–81.
230. Madrid-Costa, D. Visual performance of a multifocal toric soft contact lens / D. Madrid-Costa, E. Tomás, T Ferrer-Blasco // *Optom. Vis. Sci.* – 2012. – Vol.89, N11. – P.1627–1635.
231. Madrid-Costa, D. Visual performance of two simultaneous vision multifocal contact lenses / D. Madrid-Costa, S. García-Lázaro, C. Albarrán-Diego // *Ophthalmic Physiol. Opt.* – 2013. – Vol.33, N1. – P.51–6.
232. Madrid-Costa, D. Effect of multizone refractive multifocal contact lenses on the Cirrus HD OCT retinal measurements / D. Madrid-Costa, L. Isla-Paradelo // *Clin. Exp. Optom.* – 2013. – Vol. 96, N.1. P. 53–57.
233. Malyugin, B. Anterior ciliary sclerotomy using collagen T-shaped implants for treatment of presbyopia / B. Malyugin, S. Antonian, B.D. Lohman // *Ann. Ophthalmol. (Skokie).* – 2008. – Vol. 40, № 3–4. – P. 130–136.
234. Marcos, S. Are changes in ocular aberrations with age a significant problem for refractive surgery? / S.Marcos // *J. Refract. Surg.* – 2002. – Vol.18. – P. 572 – 578.
235. Marmor, M.F. Standard for clinical electroretinography / M.F. Marmor, G.E. Holder, M.W. Seeliger, // *Doc. Ophthalmol.* – 2004. – Vol. 108. – P. 107–114.
236. McAlinden, C. The Quality of Vision questionnaire: subscale interchangeability / C. McAlinden, E. Skiadaresi, D. Gatinel // *Optom. Vis.*

Sci. – 2013. – Vol.90, N8. – P.760–764.

237. Mclellan, J S. Age-related changes in monochromatic wave aberrations of the human eye / J.S. Mclellan, S. Marcos, S.A. Burns // Invest. Ophthalm. Vis Sci. – 2001. – Vol. 42 – P.1390–1395.

238. Measuring changes in ciliary muscle thickness with accommodation in young adults / L.A. Lossing, L.T. Sinnott, C.Y. Kao [et al.] // Optom. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 89, №5. – P.719–726.

239. Meister, D.J. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 1: Design and development of progressive lenses / D.J. Meister, S.W. Fisher // Clin. Exp. Optom. – 2008. – Vol. 91, № 3. – P. 240–250.

240. Meister, D.J. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 2: Modern progressive lens technologies / D.J. Meister, S.W. Fisher // Clin. Exp. Optom. – 2008. – Vol.91, № 3. – P. 251–264.

241. Menant, J.C. Older people contact more obstacles when wearing multifocal glasses and performing a secondary visual task / J.C. Menant, R.J. St. George, B.Sandery // J. Am. Geriatr. Soc. – 2009. – Vol.57, № 10. – P.81–121.

242. Miranda D. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients / D. Miranda, R.R. Krueger // J. Refract. Surg. – 2004. – Vol. 20, № 4. – P. 325–328.

243. Miyake, Y. Electrodiagnosis of retina disease / Y.Miyake // Springer. – 2006. – Vol. 3. – P. 90–121.

244. Montés–Micó, R. In vitro power profiles of multifocal simultaneous vision contact lenses / R. Montés–Micó, D. Madrid–Costa, A. Domínguez–Vicent // Con.t Lens Anterior Eye. – 2013. - Vol.21. pii: S1367–0484(13)00284–1. doi: 10.1016/j.clae.2013.09.014.

245. Morgan, P.B. An international survey of contact lens prescribing for presbyopia / P.B. Morgan, N. Efron, C.A.Woods // Clin. Exp. Optom. – 2011. – Vol.94, N1. – P.87–92.

246. Mrochen, M. Correlation between corneal and total wavefront

- aberration in myopic eyes / M. Mrochen // J. Refr. Surgery. – 2003. – Vol. 19. – P.104 – 112.
247. Neadle, S.W. Do presbyopes prefer progressive spectacles or multifocal contact lenses? / S.W.Neadle. – Birmingham: BCLA abstract, 2010. – P. 213.
248. New perspectives in monovision: a study comparing aspheric with disposable lenses / L. Michaud, J.P. Tchang, C. Baril, J. Gresset // Int. Contact Lens Clin. – 1995. – Vol. 22. – P. 203–208.
249. Nichols, J.J. Annual report. Contact Lenses 2011 / J.J. Nichols // ContactLensSpectrum.–2012. – №1– P. 12–16.
250. Oshika, T. Contrast sensitivity function and ocular higher-order wavefront aberrations in normal human eyes / T. Oshika //Am. J. Ophthalmology. - 2006. – Vol.113. – P. 1807-1812.
251. P.RÖmer /Руководство по глазным болезням в форме клинических лекций в 2 томах– С–Петербург, 1913 , Издательство «Практическая медицина» В.С. Эттингера – с.724.
252. Pallikaris, I. Presbyopia / I. Pallikaris, S. Plainis, W.N. Charman. – Danvers: Slack incorporated, 2012. – 318 p.
253. Papas, E.B. Utility of short-term evaluation of presbyopic contact lens performance / E.B. Papas // Eye Contact Lens. – 2009. – Vol. 35, N3. – P. 144–148.
254. Patel, I. Impact of presbyopia on quality of life in a rural African setting / I. Patel, B. Munoz, A.G. Burke // Ophthalmology. – 2006. – Vol.113, N5. – P.728–734.
255. Pavlin, C.J. Ultrasound biomicroscopy. High-frequency ultrasound imaging of the eye at microscopic resolution / C.J. Pavlin, F.S. Foster // Radiol. Clin. North Am. - 1998. - Vol. 36. - P. 1047–1058.
256. Pepin, S.M. Neuroadaptation of presbyopia-correcting intraocular lenses / S.M. Pepin // Cur. Opinion Opth. - 2008. - Vol.19, №1. - P.10–12.

257. Pierscionek, B.K., Weale R.A. Symposium International de la Presbytie. Opio, France, 1995. –P.5–9.
258. Pierscionek, B.K. Corneal shape change during accommodation / B.K. Pierscionek, A. Popiolek–Masajada, H.Kasprzak // Eye. – 2001. – Vol.15, Pt. 6. – P. 766–769.
259. Pierscionek, B.K. The effect of high concentration and exposure duration of nanoceria on human lens epithelial cells / B.K. Pierscionek, Y. Li, R.A. Schachar [et al.] // Nanomedicine. – 2012. – Vol.8, № 3. – P.383–390.
260. Pigassou–Albouy, R. How and why we see «one» with two eyes? / R. Pigassou–Albouy // J. Francais d`Ophthalmologie. – 2000. – Vol. 23, N 9. – P. 952–1113.
261. Plainis, S. Power profiles of multifocal contact lenses and their interpretation / S. Plainis, D.A. Atchison, W.N.Charman // Optom. Vis. Sci. – 2013. – Vol.90, N10. – P.1066–1077.
262. Plainis, S. Through–focus performance with multifocal contact lenses: effect of binocularity, pupil diameter and inherent ocular aberrations / S. Plainis, G. Ntzilepis, D.A. Atchison // Ophthalmic Physiol. Opt. – 2013. – Vol.33, N1. – P.42–50.
263. Plainis, S. The effect of ocular aberration on steady–state error of accommodative response / S. Plainis, H. Ginis, A. Pallikaris // J. Vision. - 2005. - Vol. 5. - P.466–477.
264. Prakash, G. Change in the accommodative convergence per unit of accommodation ratio after bilateral laser in situ keratomileusis for myopia in orthotropic patients: Prospective evaluation / G. Prakash, V. Choudhary, N. Sharma //J. Cataract & Refractive Surgery. –2007. –Vol. 33, N 12. – P. 2054–2056.
265. Prijot, E. Electroretinography and myopia / E. Prijot, I. Colmant, C. Marechal–Courtois // The Clinical Value of Electroretinography: XXth International Congress of Ophthalmology. - Basel/New York: Karger, 1966. – P. 440–443.

266. Quality of image of grating target placed in model of human eye with corneal aberrations as observed through multifocal intraocular lenses / M. Inoue, T. Noda, T. Mihashi, K. Ohnuma [et al] // *Am. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 15, №4. – P. 644–652.
267. Rada, J.A. The sclera and myopia / J.A. Rada, S. Shelton, T.T. Norton // *Exp. Eye Res.* – 2006. – Vol.82, № 2.– P. 185–200.
268. Richdale, K. Comparison of multifocal and monovision soft contact lens corrections in patients with low–astigmatic presbyopia / K. Richdale // *Optom. Vis. Sci.* – 2006. – Vol. 83, № 5. – P. 266–73.
269. Roberts, B. Higher Order Aberrations Induced by Soft Contact Lenses in Normal Eyes with Myopia / B. Roberts // *Eye Contact Lens.* - 2006. - Vol. 32, № 3. - P. 138–142.
270. Schachar, R.A. Pathophysiology of accommodation and presbyopia. Understanding the Clinical Implications / R.A. Schachar // *J. Florida Medical Assos.* - 1994.- Vol.81. - P.268–271.
271. Schachar, R.A. Mechanism of hyman accommodation as analyzed by nonlinear finite element analysis / R.A. Schachar, A.J. Bax // *Compr. Ther.* - 2001. - Vol. 27, № 2. - P. 122–132.
272. Schallhorn, S.C. Wavefront–Guided LASIK for the correction of primary myopia and astigmatism / S.C. Schallhorn, A.A. Farjo, D. Huang [et al.] // *Ophthalmology.* – 2008. – Vol. 115, No. 7. – P. 1249–1261.
273. Shimizu, K. Dissatisfaction after bilateral multifocal intraocular lens implantation: an electrophysiology study / K. Shimizu, M. Ito // *J. Refract. Surg.* – 2011. - Vol.27, N4. – P.309–312.
274. Strenk, S.A. Age–related changes in human ciliary muscle and lens: a magnetic resonance imaging study/ S.A. Strenk, J.L. Semmlow, L.M. Strenk, [et al.] // *Investigative ophthalmology & visual science.* – 1999. – Vol. 40, No. 6. - P.1162 –1169.
275. Strenk, S.A. The mechanism of presbyopia / S.A. Strenk, L.M. Strenk, J.F. Koretz // *Prog. Retin. Eye. Res.* - 2005. - Vol. 24, № 3. - P. 379–393.

276. Thompson, H.S. The pupil / H.S. Thompson // Adler's physiology of the eye. 9th ed. - St Louis: CV Mosby, 1992. - P. 412–441.
277. Ticak, A. Peripheral optics with bifocal soft and corneal reshaping contact lenses / A. Ticak, J.J. Walline // Optom Vis Sci. – 2013. – Vol.90. – P.3–8.
278. Toshida, H. Bifocal contact lenses history, types, characteristics, and actual state and problems / H. Toshida, K. Takahashi, K. Sado // Clin. Ophthalmol. - 2008. – Vol.12, N4.– P. 869–877.
279. Vasudevan, B. Objective and subjective visual performance of multifocal contact lenses: Pilot study / B. Vasudevan, M. Flores, S. Gaib // Cont. Lens Anterior Eye. – 2013. –Vol.31. pii: S1367–0484(13)00283–X.
280. Visual performance comparison between contact lens–based pinhole and simultaneous vision contact lenses. / S. García–Lázaro, C. Albarrán–Diego, T. Ferrer [et al] // Clin. Exp. Optom. – 2013. – Vol.96. – P.46–52.
281. ojnikiović, B. Artificially induced "monovision" is vitium artis and in reality corresponds with the "Monofixation Syndrome" / B. Vojniković // Coll. Antropol. – 2013 – Vol. 37, № 1 – P.107-109.
282. Wachtmeister, L. Oscillatory potentials in the retina: what do they reveal / L. Wachtmeister // Prog. Retin. Eye Res. – 1998. – Vol. 17, № 4. – P. 485–521.
283. Walline, J.J. Multifocal contact lens myopia control / J.J. Walline, K.L. Greiner, M.E. McVey // Optom. Vis. Sci. – 2013. – Vol.90, N11. – P.1207–1214.
284. Wallman, J. Nature and nurture of myopia / J. Wallman // Nature. – 1994.–Vol.2.– P.371.
285. Weale R.A. The Senescence of Human Vision / R.A. Weale. - Oxford: Oxford University Press, 1992. – 176p.
286. Wesemann, W. Wellenfrontkorrektur der Aberrationen höherer Ordnung mit Kontaktlinsen / W. Wesemann // Deutsche Optikerzeitung (DOZ). - 2007. -Vol. 6 – P.70–88.

287. Woods, J. Early symptomatic presbyopes –what correction modality works best? / J. Woods, C.A. Woods, D. Fonn // *Eye Contact Lens*. – 2009. – Vol. 35, N5. – P. 221–226.
288. Woods, J. Fitting soft center–near design multifocals: Following a few simple rules can increase fitting confidence and improve patient success / J. Woods. March 2010 [Online] available www.clspectrum.com/article.aspx?article=103970 <<http://www.clspectrum.com/article.aspx?article=103970>>.
289. Wozny, J.T. Presumable pathomechanism of myopic elongation of the eye: a hypothesis / J.T. Wozny // Singapore: 4th International conf. on myopia: Proceedings, 1990. – P. 145–150.
290. Yamamoto, S. Cone electroretinogram to chromatic stimuli in myopic eyes / S. Yamamoto, K. Nitta, M. Kamiyama // *Vis. Res.* – 1997. – Vol. 37. – P. 2157–2159.
291. Young, G. Simultaneous vision bifocal contact lenses: a comparative assessment of the in vitro optical performance / G. Young, C. Grey, E. Papas // *Optom. Vis Sci.* – 1990. – Vol.67. – P. 339–345.
292. Zanen, A. The advantages and disadvantages of bifocal lenses / A. Zanen // *Bull. Soc. Belge Ophthalmol.* – 1997. – Vol.34. - P. 8-71.