

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»**

На правах рукописи

Шалыгина Елена Леонидовна

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АККОМОДАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ГЛАЗА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ
КАТАРАКТЫ**

14.01.07 – глазные болезни

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель
Доктор медицинских наук, профессор
И.Г.Овечкин

Москва - 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I СОСТОЯНИЕ АККОМОДАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ (обзор литературы).....	11
1.1. Социальные аспекты факоэмульсификации катаракты.....	11
1.2. Анализ современных подходов к диагностике аккомодационной функции глаза с учетом анатомо-физиологических позиций, инволюционных изменений биомеханизма аккомодации и современного приборного оборудования.....	14
1.3. Анализ исследований по диагностике состояния аккомодации при имплантации различных типов ИОЛ	21
ГЛАВА II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.1. Общая характеристика пациентов, методика проведения исследования и статистической обработки результатов	35
2.2. Методика факоэмульсификации катаракты, краткая характеристика имплантируемых интраокулярных линз	41
2.3. Методы клинико-функционального обследования состояния зрения и аккомодационной системы глаза	45
ГЛАВА III РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ .	51
3.1. Результаты исследования объективных показателей аккомодационной способности глаза у пациентов пресбиопического возраста	51
3.2. Результаты исследования взаимосвязи между параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации.....	56

3.3. Результаты оценки выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента	58
3.4. Результаты комплексной оценки объективных показателей аккомодационного ответа у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ.....	62
3.5. Результаты сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
ВЫВОДЫ.....	85
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	88
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	107

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы

В настоящее время хирургия катаракты по качеству зрения, получаемого пациентом после факоэмульсификации катаракты, может относиться к рефракционному типу вмешательств, что связано с внедрением новых технологий офтальмохирургии и разработкой высококачественных интраокулярных линз (ИОЛ). При этом следует подчеркнуть, что интраокулярная коррекция афакии не имеет альтернативы, вследствие чего факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ является наиболее распространенной и социально-ориентированной операцией, направленной на сохранение и укрепление здоровья населения, продление периода активной трудовой деятельности, что в целом определяет целевые установки международной комплексной программы «Здоровье нации – 2020» [42, 43, 58, 151].

Современный этап развития катарактальной хирургии выводит на первый план задачу эффективного восстановления функционального состояния зрительного анализатора оперированных пациентов, что может быть обеспечено двумя принципиальными направлениями. Первое заключается в обеспечении высокой остроты зрения вдаль и основывается на применении монофокальных ИОЛ, снабженных асферической и достаточно вариабельной по своим характеристикам оптикой. Второе предусматривает обеспечение функционального зрения на разных расстояниях до объекта путем разработки мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ.

Накопленный опыт применения монофокальных ИОЛ свидетельствует, что, возникающая после операции «артифактическая пресбиопия» существенно снижает эффективность зрительной реабилитации пациентов после экстракции катаракты [154, 159, 101, 6]. Мультифокальные (или псевдоаккомодирующие)

ИОЛ с точки зрения физической оптики могут функционировать как на принципах рефракции света, так и на принципах дифракции света с последующей интерференцией. Следует подчеркнуть, самыми распространенными среди мультифокальных ИОЛ являются дифракционные ИОЛ, данный тип линз обеспечивает псевдоаккомодационное зрение, т.е. качественную зрительную работу пациентов как вдаль, так и вблизи, создавая на сетчатке несколько изображений. При этом не задействуются механизмы естественной аккомодации и устраняется зависимость от остаточной функциональной активности цилиарной мышцы. Функциональными недостатками данных типов линз признаются зрачково-зависимость и высокая чувствительность к децентрации. Кроме того, из-за увеличения аберраций на границе четко очерченных переходных зон ухудшается качество изображения [36,108,114].

Принцип функционирования подавляющего большинства аккомодирующих ИОЛ основан на способности фокусировать на сетчатке изображение предметов, расположенных на различном отдалении от глаза за счет переднее-заднего смещения и (или) изменения преломляющей силы оптической части ИОЛ, благодаря сохранной сократительной активности цилиарной мышцы. К настоящему моменту выполнены многочисленные исследования, направленные на оценку клинико-функциональных результатов аккомодирующих ИОЛ, показавшие в целом эффективность хирургических вмешательств и достаточно высокую удовлетворенность пациентов [19, 61,143].

В тоже время в литературе присутствуют противоречивые данные о механизмах и выраженности аккомодационного ответа в условиях применения аккомодирующих ИОЛ. По мнению ряда авторов, амплитуда смещения оптики данной ИОЛ вдоль передне-задней оси является ее наиболее важной характеристикой, обеспечивающей высокие функциональные результаты, непосредственно связанные с сокращением цилиарной мышцы глаза [35, 140,148]. Согласно другой точке зрения, хорошее зрение вблизи у пациентов с аккомодирующей ИОЛ связано с особенностями оптики данной линзы и

обеспечивается увеличением глубины фокуса или сферическими аберрациями [44, 114,121]. Наряду с этим, в литературе присутствуют лишь единичные исследования, рассматривающие сравнительную эффективность применения монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ для коррекции афакии после факоэмульсификации неосложненной катаракты с позиций функционального состояния аккомодационной системы глаза. В этой связи следует особо подчеркнуть, что в настоящее время, наряду с традиционной оценкой аккомодации по параметрам объема и резервов, присутствует методика аккомодографии, позволяющая объективно, в режиме реального времени оценивать функциональное состояние цилиарной мышцы и аккомодационной системы глаза в целом.

Цель работы – комплексная (объективная, функциональная, субъективная) оценка функционального состояния аккомодационной системы глаза у пациентов после факоэмульсификации неосложненной катаракты с имплантацией различных типов ИОЛ.

Основные задачи работы:

1. Исследовать аккомодационную способность глаза на основе применения метода объективной аккомодографии у пациентов пресбиопического возраста без патологии органа зрения.
2. Определить выраженность аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента.
3. Провести комплексную оценку объективных показателей аккомодационного ответа (передне-задняя ось глаза, средний радиус роговицы, глубина передней камеры, параметры объективной аккомодографии) у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных и аккомодирующих ИОЛ.
4. Провести сравнительную оценку субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и

аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии.

5. Исследовать взаимосвязь между объективными параметрами аккомодационного ответа (динамика глубины передней камеры в условиях медикаментозного миоза и мидриаза, показатели аккомодографии) и традиционными показателями обследования аккомодации (объем, резервы) для оценки возможности прогнозирования эффективности интраокулярной коррекции после факоэмульсификации катаракты.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Ведущим фактором аккомодационного смещения аккомодирующих и (в значительно меньшей степени) монофокальных интраокулярных линз у пациентов после факоэмульсификации неосложненной катаракты является сокращение цилиарной мышцы глаза, что подтверждается динамикой базовых параметров аккомодационного ответа (уменьшение глубины передней камеры глаза, увеличение среднего радиуса роговицы) на предъявление оптического аккомодационного стимула и наличием объективно регистрируемых микрофлюктуаций аккомодационной мышцы, что в целом сопоставимо с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения.

2. Бинокулярная имплантация аккомодирующих интраокулярных линз обеспечивает (по данным специальных опросников) более высокий уровень субъективного статуса пациента, что сопровождается улучшением объективных параметров аккомодационной системы глаза (при отсутствии статистически значимых различий в показателях достигнутой остроты зрения) и в целом определяет целесообразность проведения объективной аккомодографии на предоперационном этапе.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической практике выполнена сравнительная оценка функционального состояния аккомодационной системы глаза (по объективным и субъективным параметрам) у пациентов после имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ.

Определено (методом объективной аккомодографии) наличие аккомодационного ответа и микрофлюктуаций аккомодационной мышцы у пациентов без патологии органа зрения в возрасте 51-55 лет (17% и 46% случаев) и 56-60 лет (8% и 21% соответственно).

Установлено (методом оптического Шеймпflug-сканирования переднего отрезка глаза, в условиях медикаментозного миоза и мидриаза) более выраженные (в среднем, на 0,22 мм, $p < 0,001$) изменения глубины передней камеры глаза при аккомодирующих ИОЛ (Crystalens HD500) по сравнению с монофокальными ИОЛ (AcrySof® IQ модель SN60WF).

Определено, что при наличии у пациента после имплантации монофокальных и аккомодирующих ИОЛ объективно регистрируемых микрофлюктуаций цилиарной мышцы глаза, предъявление аккомодационного стимула приводит к физиологическому изменению показателей среднего радиуса роговицы (увеличение на 4,8-4,9 дптр) и глубины передней камеры глаза (уменьшение на 0,24-0,54 мм), в полном объеме сопоставимых с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения (5,1 дптр и 0,59 мм соответственно) и статистически значимо отличающихся по динамике глубины передней камеры у пациентов (в том числе контрольной группы) без наличия микрофлюктуаций (0,09; 0,0,11; 0,18 мм, соответственно, $p < 0,05$).

Выявлены статистически значимые ($p < 0,01$) различия между субъективным статусом пациентов после бинокулярной имплантацией аккомодирующей ИОЛ по сравнению с имплантацией монофокальных и мультифокальных ИОЛ, что

проявляется в более высоких значениях по опроснику «VF-14» (на 10,8%–13,6%) и по опроснику «Субъективное состояние зрения» (на 22,7%–29,2%).

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании механизмов аккомодационного смещения аккомодирующих и монофокальных ИОЛ, что подтверждает гипотезу пропорционального реагирования данных типов ИОЛ на сокращение цилиарной мышцы.

Практическая значимость работы заключается в разработке медицинских рекомендаций по практическому применению методики объективной аккомодографии для прогнозирования эффективности интраокулярной коррекции после факоэмульсификации катаракты.

Методология и методы исследования

В работе применялся комплексный подход к оценке эффективности различных методов оценки аккомодационной функции глаза, основанной на применении традиционных методов исследования объема и резерва аккомодации и современных методов, включающих объективную аккомодографию и оптическое Шеймпflug-сканирование переднего отрезка глаза.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробованных методах сбора клинического материала (всего обследовано 268 пациентов (416 глаз) в рамках основной (хирургической) группы и 176 пациентов (352 глаза) в рамках контрольной группы), а также применении современных методов статистической обработки с использованием параметрической статистики и непараметрических коэффициентов корреляций.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в материалы сертификационного цикла и цикла профессиональной переподготовки кафедры офтальмологии ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации Федерального

медико-биологического агентства», используются в центре микрохирургии глаза МЧУ «Поликлиника ОАО «Газпром».

Апробация и публикация материалов исследования

Основные материалы диссертационной работы были доложены и обсуждены на научно-практической конференции «Современные технологии диагностики и лечения при поражениях органа зрения» (Санкт-Петербург, 2013г.) и Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии в офтальмологии» (Казань, 2014г.). Диссертация апробирована на кафедре офтальмологии ФГБОУ ДПО ИПК ФМБА России (10.09.2014).

Материалы диссертации представлены в 10-и научных работах, в том числе в 6-и статьях, опубликованных в определенных ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналах.

Структура диссертации

Диссертация изложена на 107 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав («Обзор литературы», «Материалы и методы», «Результаты исследований и их обсуждение»), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и списка сокращений. Диссертация иллюстрирована 7 таблицами и 20 рисунками. Список литературы содержит 172 источника, из которых 91 отечественных авторов и 81 иностранных.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА I СОСТОЯНИЕ АККОМОДАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ ПОСЛЕ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ (обзор литературы)

1.1. Социальные аспекты факоемульсификации катаракты

Экстракция катаракты относится к одному из древнейших видов хирургии. Первые этапы хирургического вмешательства (до конца 19 века) технологии интра- и экстракапсулярной экстракции взаимно конкурировали, при этом целевой задачей операции являлось восстановление предметного зрения пациента. Настоящий этап развития катарактальной хирургии характеризуется широким внедрением в практику и совершенствованием ультразвуковой факоемульсификации с использованием низкоэнергетических методик, минимизацией операционного доступа, использованием вискоэластиков, эластичных и ультратонких интраокулярных линз (ИОЛ). Суть современной хирургии катаракты состоит в том, что разрушение и удаление хрусталика производится через малый самогерметизирующийся разрез с последующей имплантацией интраокулярной линзы. Преимущества данной технологии заключаются в следующем: уменьшается травматичность хирургического вмешательства, снижается количество операционных и послеоперационных осложнений, сокращаются сроки выздоровления пациентов и обеспечиваются высокие и стабильные функциональные результаты с первых дней после операции [2,58,59]. К исходу первого десятилетия XXI века достижения науки позволили отнести приобретенную вследствие катаракты слепоту к категории обратимой. Значительные достижения в разработке и усовершенствовании

методик факоэмульсификации принадлежат отечественным офтальмологам – Б.М. Азнабаеву, М.Е. Коновалову, Б.Э. Малюгину, К.Б. Першину, Ю.В. Тахтаеву, В.Н. Трубилину и ряду других.

В последние 100-150 лет численность населения Земли резко увеличилась и в соответствии с прогнозом к 2045 году составит 13 миллиардов человек, что приведет к общему изменению возрастного состава человечества. Уже в наше время контингент пожилых людей составляет порядка 700 миллионов человек, что обуславливает резко возросшее количество проведенных факоэмульсификаций катаракты в последние десятилетия. Наряду с этим, отмечается повышение социальной активности лиц с имплантацией ИОЛ и появление большого числа профессий, требующих значительной зрительной нагрузки вблизи и, как следствие этому, сохранению аккомодационной способности зрительной системы. Характерным примером изложенных положений является проведенное в Канаде за период с 1980 по 2004 год исследование, показавшее, что число случаев катаракты возросло в общей популяции населения на 500% (на 467% среди женщин и на 700% среди мужчин, особенно в возрасте старше 70 лет [116]. В Российской Федерации, в 2008 году в структуре операций по поводу катаракты удельный вес факоэмульсификации превысил 50%, в 2010 год прогнозировалось выполнение около 335 000 операций с имплантацией 200 000 гибких и 135 000 жестких ИОЛ [45].

Следует также подчеркнуть, что повышение вероятности развития катаракты связывается, наряду с возрастным фактором, с рядом других причин, к числу которых, в частности, относят курение, повышенное загрязнение окружающей среды, постоянная избыточная световая нагрузка, различные виды излучений и в целом вредные условия труда, что даже в настоящее время может иметь место на различных промышленных объектах [83,84,86,92,162]. Определенное место в развитии катаракты отводится «медицинским» факторам, определяющим наличие различной соматической патологии и (или) длительного применения лекарственных препаратов [124,126,129]. Увеличение числа

факоэмульсификаций при различных патологиях обусловлено и изменением основного направления мировой медицинской деятельности. Решающим фактором становится не снижение смертности, а повышение качества жизни в целом. Учитывая информационный характер эволюции человечества, становится понятен все возрастающий интерес пациентов к катарактальной хирургии. Закономерным выглядит и объединение двух направлений хирургии: катарактальной и рефракционной. Операций по удалению катаракты с целью не только оптической компенсации, но и коррекции аметропий с возможным сохранением аккомодационной функции становится с каждым годом все больше, а список показаний к факоэмульсификации катаракты постоянно расширяется [17,58,151]. Интересно отметить определенную значимость социального статуса пациента, определяющего согласие на проведение факоэмульсификации даже с учетом достаточно высокой стоимости хирургического вмешательства [139].

Необходимо подчеркнуть, что ставшие популярными в последние годы кераторефракционные операции, применяемые при хирургической коррекции различных видов аметропии, характеризуются рядом недостатков, к числу которых, в частности, относятся невозможность использования метода при высоких степенях аметропии, риск появления в послеоперационном периоде оптических аббераций, ограниченность метода при недостаточной толщине роговицы, невозможность решения проблемы пресбиопии у лиц старше 40 лет и ряд других [18,22,57,62,103,109,123,128,139,160]. В этой связи факоэмульсификация на современном этапе позволяет шире использовать методику удаления прозрачного хрусталика для коррекции высоких степеней аметропии [13,14,23,37,40,41]. Таким образом, в настоящее время хирургия катаракты по качеству зрения, получаемого пациентом после операции, может относиться к рефракционному типу вмешательств с возможным сохранением аккомодации, чему способствуют инновационные технологии в офтальмохирургии и новые высококачественные интраокулярные линзы различного типа. При этом следует подчеркнуть, что интраокулярная коррекция афакии не имеет альтернативы, а факоэмульсификация катаракты с имплантацией

гибкой ИОЛ является наиболее распространенной и социально-ориентированной операцией.

В заключение данного раздела следует подчеркнуть, что сохранение и укрепление здоровья населения, продление периода активной трудовой деятельности и долголетия – одна из основных конечных целей Международной комплексной программы «Здоровье нации – 2020» [42]. С этих позиций широкое применение методики факоэмульсификации катаракты представляется эффективным решением указанной задачи. Проведенный анализ литературных данных указывает, что комплекс научно-практических исследований по рассматриваемой проблеме включает два основных направления – оценку клинического применения современных методов диагностики аккомодационной системы глаза для исследования эффективности ИОЛ и медико-техническую разработку различных типов ИОЛ с максимальной возможностью обеспечения акта аккомодации.

1.2. Анализ современных подходов к диагностике аккомодационной функции глаза с учетом анатомо-физиологических позиций, инволюционных изменений биомеханизма аккомодации и современного приборного оборудования

В настоящее время основополагающей теорией, описывающей механизм аккомодации, является гипотеза Гельмгольца, согласно которой для четкого видения расположенных на близком расстоянии предметов в человеческом глазу происходят следующие изменения: сокращается цилиарная мышца, происходит сужение зрачка, уменьшается глубина передней камеры, хрусталик смещается несколько кпереди и книзу, ослабевает натяжение цинновых связок, уменьшается радиус кривизны передней и задней поверхностей хрусталика, что приводит к увеличению его преломляющей силы и усилению динамической рефракции. Доминирующей концепцией признается «хрусталиковая» аккомодация при

возможном дополнительном участии в процессе других структур глаза (увеличение аксиальной оси, удлинение отводящих и сокращение приводящих мышц, увеличение кривизны роговицы). В целом следует подчеркнуть, что в соответствии с современными представлениями о формировании изображения на сетчатке, для достижения четкости последнего при взгляде эметропа вблизи принципиально имеет место два варианта – усилить оптическую силу элементов оптической системы глаза или увеличить передне-заднюю длину глаза. В этой связи интересно отметить, что в литературе рассматриваются оба указанных варианта возможности приспособления зрения на близком расстоянии. В тоже время, по мнению ряда авторов, несмотря на современные достижения, в изучении механизма аккомодации остаются нерешенным ряд проблем, важных для понимания работы глаза. В частности, не в полной мере учитывается значимость внемышечных внутренних структур (эластичности капсулы и вещества хрусталика, а также сосудистой оболочки), а также структур, не имеющих прямого отношения к хрусталику (склеры, стекловидного тела, наружных мышц глаза). Кроме того, несколько в стороне при обосновании многочисленных гипотез и аккомодационных теорий остается роль роговой оболочки, которая, как известно, играет ведущую роль в формировании физической рефракции глаза [38,50,66,67,71,89]. Практическое применение современных (включая ультразвуковые) методов обследования зрительной системы позволило достаточно убедительно обосновать тезис о том, что аккомодация вблизи сопровождается уменьшением диаметра хрусталика, увеличением его толщины и уменьшением радиусов кривизны обеих поверхностей хрусталика. Дополнительная аккомодация (т.е. та часть оптической силы глаза, которая не объясняется уже рассмотренными факторами) обеспечивается за счет смещения хрусталика вдоль переднезадней оси глаза, а также за счет небольших колебаний переднезадних размеров самого глазного яблока, происходящих под действием изменения тонуса глазодвигательных мышц при работе глаза на близком расстоянии [48,72,73,74].

В теоретическом плане аккомодация артификачного глаза или псевдоаккомодации имеет множество характеристик. По-видимому, наиболее точное определение псевдоаккомодации - это способность глаза с интраокулярной линзой к четкому видению на различных расстояниях без изменения преломляющей силы линзы и без дополнительной коррекции [3,70,73,75,87,149]. Результаты исследований многих авторов позволяют сделать выводы о том, что причиной феномена артификаческой псевдоаккомодации является ряд факторов: особенности послеоперационной топографии роговицы, оптические aberrации глаза, качество оптики ИОЛ, диаметр зрачка, состояние капсульного мешка, работа экстраокулярных мышц, состояние цилиарной мышцы глаза [15,38,50,68,152]. Следует особо подчеркнуть, что проблема восстановления аккомодационной функции глаза пациента признается одной из ключевых практически после любого вида экстракции катаракты, так как, несмотря на разработку и внедрение в клиническую практику новых различных видов ИОЛ, призванных обеспечить хорошее зрение на любых расстояниях, дополнительная очковая и, реже, контактная коррекция в послеоперационном периоде все еще являются неотъемлемыми атрибутами современной офтальмохирургии.

В течение всей жизни человека в хрусталике совершается очень сложный процесс возрастных превращений, в результате которых последовательно изменяется величина хрусталика, его форма, консистенция, цвет, эластичность, происходят биохимические сдвиги. В качестве основных причин снижения аккомодационных возможностей хрусталика признается увеличение его объема и снижения эластичности капсулы вследствие дегидратации, которая приводит к уменьшению показателя преломления и увеличению радиуса кривизны передней и задней поверхностей. В тоже время выполненные исследования, указывают, что возрастные изменения цилиарного тела почти не дают клинических проявлений, хотя гистологически определенные инволюционные сдвиги присутствуют. Между 35-50 годами начинают появляться первые признаки изменения формы цилиарной мышцы, проявляющиеся тем, что протяженность мышцы по длине уменьшается,

кзади она становится более плоской, спереди несколько утолщается. В результате на разрезах мышца приобретает форму прямоугольного треугольника. После 40 лет выявляется сужение мышечных волокон за счет постепенно нарастающей пролиферации соединительной ткани, разрастания и уплотнения волокнистой межуточной ткани, выраженной коллагенизации мышечного остова. После 55 лет развиваются более выраженные возрастные изменения, связанные с атрофией мышечной ткани практически во всех областях. В тоже время применительно к целевым установкам настоящей работы необходимо особо подчеркнуть, что, по мнению авторов, при всех изложенных изменениях мышечные волокна остаются функционально работоспособными.

В диагностическом плане одним из наиболее информативных методов оценки аккомодации и сопряженных с ней анатомо-топографических изменений в динамике *in vivo* признается ультразвуковая биомикроскопия, позволяющая отобразить структуры переднего сегмента глаза с высокой детализацией в пространственном функциональном взаимодействии друг с другом, осуществить четкие цифровые измерения, что в целом определяет наличие взаимосвязи между изменением глубины передней камеры и амплитудой аккомодации [47,78]. Определенное значение для исследования аккомодации придается методам динамической ретиноскопии в контексте оценки динамики исследуемых показателей [107,133,155] и оптической когерентной томографии с позиций анализа положения ИОЛ в капсульном мешке [24]. Особое место занимает aberрометрическое обследование в связи с мнением ряда авторов об эффективности определения механизма псевдоаккомодации на основе клинической aberрометрии. Применение данного метода у пациентов с имплантированными сферическими монофокальными ИОЛ показало, что их имплантация сопровождается, с одной стороны, некоторым ухудшением качества оптики глаза, по сравнению с оптикой факичного глаза, с другой стороны - увеличивает глубину фокуса [168]. Сферические aberрации оптики интраокулярной линзы несомненно влияют на аккомодацию, однако по данному

вопросу в литературе не сформировано единого мнения, более того излагаются полярные точки зрения. По мнению одних авторов, сферические аберрации снижают качество зрения в связи с чем, авторами были предложены асферические ИОЛ, устраняющие эту проблему [168,144]. В тоже время имплантация данного типа линз сопровождается снижением остроты зрения вблизи и на промежуточных расстояниях [154]. Представляют практический интерес применение парциальной когерентной интерферометрии, позволяющей определить амплитуду аккомодации в артификачном глазу на основе физиологической стимуляции [147], а также субъективные методы оценки «качества жизни», косвенно определяющие состояние аккомодационной функции глаза [80] и применение эргономических тестов, моделирующих прецизионные работы [85].

Одним из эффективных современных методов диагностики аккомодации является объективная аккомодография. В этой связи следует подчеркнуть, что существующие методы «прямой» оценки аккомодации по уровню применяемого оборудования можно достаточно условно разделить на три группы [3,87]. Первая основана на применении простейших оптических средств (стандартный набор стекол, опто типы), позволяющих определять ближайшую точку ясного зрения и положительные (отрицательные) резервы аккомодации. Вторая группа основана на применении приборов, либо определяющих в стандартных условиях ближайшую и дальнейшую точки ясного зрения (к примеру, аккомодометр «АКА-01» или оптометры, либо оценивающих аккомодацию с позиций динамической рефракции на основе «лазерных спеклов» (к примеру, лазерный анализатор рефракции «ЛАР-2»). Третья группа аппаратов позволяет оценивать объем аккомодации в динамике (различные варианты глазных эргографов). В этой связи важно подчеркнуть, что все изложенные методы являются субъективными, так как подразумевают активное участие пациента в процессе обследования, связанное с оценкой видимости предъявляемого тестового объекта. Исходя из этого, данные методы требуют ряд специфических и порой трудно выполнимых условий, связанных с фиксацией уровня внешней освещенности, стандартизацией

расстояния, обеспечения постоянной скорости предъявления объекта, высокой мотивацией и внимательностью пациента, а также ряда других факторов, что в целом существенно снижает качество проводимого исследования. Одной из ведущих тенденций развития диагностического оборудования в медицине является объективизация собственно процесса обследования, что проявляется в различных областях медицинской практики и, в первую очередь, при оценке сердечно-сосудистой системы и рентген диагностики. Указанная тенденция нашла свое отражение и в практике обследования аккомодационной системы глаза с внедрением объективной аккомодографии на основе оценки аккомодативных микрофлюктуаций. Исследования последних лет показывают, что в процессе сокращения тонус волокон цилиарной мышцы постоянно колеблется. Эти колебания были названы аккомодационными микрофлюктуациями (АМФ). АМФ имеют определенную частоту и состоят из низко – и высокочастотного компонентов. Низкочастотный компонент (частота менее 0,6 Гц) является фоновым и не имеет клинического значения, а высокочастотный компонент (частота между 1,0 и 2,3 Гц) отражает флуктуации волокон цилиарной мышцы и важен для оценки её сократительной способности [122,130,167]. Возможность объективной оценки функции цилиарной мышцы появилась в результате создания аппарата «Righton Speedy-K ver. MF-1», который позволяет не только регистрировать величину аккомодационного ответа, но и отражает качественные характеристики состояния цилиарной мышцы. Данный аппарат сочетает в себе функции авторефрактометра и аккомодографа. В качестве аккомодографа прибор позволяет графически зарегистрировать изменение рефракции глаза при предъявлении зрительного стимула на различных расстояниях в виде столбиковой диаграммы. Кроме величины аккомодационного ответа на предъявленный стандартный стимул, выраженного в диоптриях, аккомодограф осуществляет частотный анализ аккомодативных микрофлюктуаций методом трансформации Фурье [32]. Проведенные исследования показали достаточно высокую эффективность применения метода объективной аккомодографии в рамках динамической оценки состояния

аккомодации после эксимерлазерных операций, у пациентов с компьютерным зрительным синдромом и адаптационными расстройствами [26,27,28,29,30,34,51,52,54,63,81,90,91]. Применительно к последнему виду нарушений аккомодации, актуальность которых определена последними работами, следует подчеркнуть, что возникновение у пациентов различных соматических расстройств, связанных с нарушениями психологической адаптации (вегето-сосудистого или постстрессового генеза, субъективных проявлениях синдрома хронической усталости и др.), сопровождается в ряде случаев нарушениями аккомодации в виде спазма, которые проявляются снижением остроты зрения, трудностью фокусировки, светобоязнью, слезотечением, связанными с функциональными нарушениями зрительной системы, а также общей симптоматикой (головная боль, раздражительность, тахикардия и др.) в рамках проявлений «вегетативного невроза». При этом следует выделить следующие особенности явления спазма аккомодации: наличие характерных объективных показателей состояния аккомодации и субъективных жалоб на состояние органа зрения; наличие установленного диагноза астено-вегетативного синдрома, или постстрессовых расстройств, или субъективных проявлений синдрома хронической усталости; наличие повседневной интенсивной зрительной работы с высоким уровнем ответственности за результат; возраст в пределах 20-36 лет, что обосновывает полное формирование аккомодационной системы и отсутствие возрастных (пресбиопических) факторов; отсутствие какой-либо другой патологии со стороны органа зрения. Применительно к данным состояниям методика объективной аккомодографии может служить базовым методом диагностики. Кроме того, указываются следующие основные направления возможного применения данного метода в офтальмологии: оценка состояния и необходимость коррекции аккомодационных нарушений в рамках эксимерлазерной коррекции различных видах аномалий рефракции; оптимальность выбранной очковой коррекции при аномалиях рефракции и особенно при пресбиопии; применение в качестве одного из ведущих методов

оценки в рамках офтальмоэргономики различных видов зрительно-напряженного труда [53,55,56].

1.3. Анализ исследований по диагностике состояния аккомодации при имплантации различных типов ИОЛ

Переходя к краткой характеристике основных типов ИОЛ с позиций возможности обеспечения акта аккомодации, следует отметить, что принципиально применяемые в настоящее время ИОЛ можно разделить на три группы – монофокальные, мультифокальные и аккомодирующие или, неаккомодирующие, псевдоаккомодирующие и аккомодирующие [43]. Наиболее распространенным типом являются **монофокальные ИОЛ**, предназначенные для имплантации в заднюю камеру глаза для коррекции афакии. Конструкция линзы за счет монофокусной оптики не разделяет поток света на части и может создавать только один четкий фокус на сетчатке. Проведенные исследования показали, что имплантация монофокальной оптики после удаления катаракты у некоторых пациентов при определенном сочетании оптических параметров артифакичного глаза не только улучшает качество и остроту зрения вдаль, но и снижает зависимость от очков на среднем и близком расстоянии. Это возможно за счет высокого качества искусственной оптики, небольшого послеоперационного прямого астигматизма, увеличения глубины фокуса при сужении зрачка и уменьшения общего объема аберраций высшего порядка, однако далеко не все пациенты получают такой результат, и большинству требуется дополнительная очковая коррекция для близости [4,12,16,69]. Изначально причиной способности артифакичного глаза с монофокальной линзой к аккомодации исследователи определили диаметр зрачка и указали на их прямую корреляцию. В тоже время была установлена зависимость между роговичным астигматизмом, степенью послеоперационной аметропии, скорректированной остротой зрения, длиной

аксиальной оси и явлением псевдоаккомодации [152,172]. Проведенные исследования определили две основные группы факторов, лежащих в основе феномена псевдоаккомодации при имплантации монофокальных ИОЛ: монокулярные и бинокулярные. В группу первых были включены клиническая острота зрения, прозрачность оптических сред и глубина фокусной области (определяется оптическими аберрациями глаза, состоянием капсульной сумки и диаметром зрачка). К бинокулярным факторам относятся: нейрофизиологические (увеличение остроты зрения за счет бинокулярности) и механические (конвергентное удлинение оси глаза) факторы [15]. В целом накопленный опыт применения монофокальных ИОЛ свидетельствует, что, возникающая после операции «артифакическая пресбиопия» препятствует полной зрительной реабилитации пациентов после экстракции катаракты [6,15,28,50,101,103,109,116,154,159].

Применительно к целевым установкам настоящей работы следует подчеркнуть, что в литературе присутствуют исследования, направленные на оценку влияния на псевдоаккомодацию смещения монофокальных ИОЛ вдоль передне-задней оси. Специально выполненные расчеты показали, что амплитуда псевдоаккомодации, развиваемая при сдвиге ИОЛ на 1 мм, варьирует в диапазоне от 0,8 дптр в длинном глазу до 2,3 дптр – в коротком. Результаты исследования динамики глубины передней камеры *in vivo* при фиксации взгляда пациентов вблизи и на фоне стимуляции аккомодации пилокарпином или в состоянии медикаментозной циклоплегии достаточно противоречивы. В частности, при физиологической стимуляции аккомодации сдвиг ИОЛ оказался статистически недостоверным, а амплитуда сдвига - недостаточной для обеспечения значимого объема псевдоаккомодации, однако при исследовании молодых пациентов на долю аксиального сдвига пришелся существенный объем псевдоаккомодации. При изучении псевдоаккомодации после инстилляции пилокарпина и циклоплегиков амплитуда сдвига в большинстве исследований оказалась большей, составляя доли миллиметра, хотя в других исследованиях, напротив, был отмечен задний сдвиг ИОЛ, что связывается с нейрофизиологическим

фактором (увеличение остроты зрения за счет бинокулярности). Рядом авторов было установлено, что При фармакологической стимуляции аккомодации по данным ультразвуковой биомикроскопии наблюдались характерные анатомо-топографические изменения в переднем отрезке глаза, выражающиеся тем, что монофокальные ИОЛ с плоской монолитной гаптикой всегда смещались вдоль аксиальной оси кпереди; асферическая ИОЛ с четырьмя замкнутыми дугowymi опорными элементами смещалась кпереди в 2/3 случаев; сферическая ИОЛ с S-образной разомкнутой гаптикой смещалась с одинаковой частотой как кпереди, так и кзади вдоль передне-задней оси. Таким образом, к настоящему моменту оценка влияния движения ИОЛ вдоль оптической оси при монофокальной коррекции на псевдоаккомодацию требует дальнейшего изучения [46,104,119,121,135,143,145,146].

Мультифокальные (или псевдоаккомодирующие) ИОЛ в настоящее время являются наиболее распространенным типом ИОЛ для сохранения аккомодации (или псевдоаккомодации) после факоэмульсификации катаракты. Принцип действия дифракционных мультифокальных ИОЛ основан на свойстве света, имеющего волновую природу, огибать края расположенных на его пути препятствий, меняя при этом направление. Управляемое изменение направления хода светового пучка достигается созданием на поверхности оптического элемента кольцевых микровыступов пирамидальной формы высотой до одного микрометра и менее, соизмеримой с длиной волны зеленой и красной частей спектра. Дифракционные линзы создают две фокусные точки всей своей поверхностью. Главное достоинство дифракционных мультифокальных линз по сравнению с рефракционными заключается в том, что они создают изображения дальних и ближних объектов всей поверхностью и, вследствие этого, менее чувствительны к децентрации и диаметру зрачка. В силу особенностей дифракционной оптики эти линзы обладают большим светорассеянием, чем монофокальные линзы, что увеличивает вероятность возникновения таких световых феноменов, как круги вокруг светящихся объектов (гало), повышенная слепимость и снижение контраста. Поскольку два фокуса создаются всей

поверхностью линзы, то при широком зрачке в мезопических условиях, когда используется в основном зрение для дали, половина света, образующая ближний фокус, не используется [93,94,95,97,98,99]. При этом согласно литературным данным от 10 до 25% пациентов выбирают мультифокальные ИОЛ [125,137,165].

Наиболее характерным примером мультифокальных линз модель «AcrySof®ReSTOR®SA60D3», выпущенной фирмой «Alcon» (США) в 2003 году, изготовленная из гидрофобного акрила – эластичного материала, который позволяет складывать линзу без опасности её повреждения и вводить внутрь глаза через малый разрез, длиной до 1,9 мм. При этом линза имеет периферическую и центральную части, периферическая сферическая поверхность фокусирует лучи на сетчатке, исходящие из отдаленных предметов, центральная часть характеризуется нанесением дифракционной кольцевой структуры диаметром 3,6 мм, которая создает два фокуса – один для дали и второй для близи на расстоянии 25–30 см (дополнительное усиление рефракции во влаге передней камеры +4,0 дптр). Изложенные медико-технические характеристики линзы позволяют обеспечивать в фотопических условиях при зрачке диаметром 2,0–2,5 мм равное распределение светового потока для дали и для близи дифракционными кольцами, что в целом обеспечивает пациенту удовлетворительное зрение вдаль и вблизи. Обеспечение зрения в условиях пониженной освещенности создается за счет того, что при расширении зрачка начинает работать рефракционная периферическая поверхность линзы, что в целом, по-мнению ряда авторов, обеспечивает оптимальные условия для зрительного восприятия [106,108,110,117,118,131,132,136].

С точки зрения физической оптики мультифокальные линзы могут работать как на принципах рефракции света, так и на принципах дифракции света с последующей интерференцией. В настоящее время разработаны и выпускаются несколько типов оптических линз (рефракционные, дифракционные, гибридные (рефракционно-дифракционные), линзы с градиентной оптикой), которые различны по своему конструктивному решению. В рефракционной

мультифокальной линзе каждая зона работает как отдельная оптическая система, создавая на сетчатке свой фокус. Слабой их стороной является зрачковозависимость и высокая чувствительность к децентрации. Кроме того, из-за увеличения аберраций на границе четко очерченных переходных зон ухудшается качество изображения. Дифракционная система рассеивает световые волны во время их прохождения через специально нанесенную фазовую решетку на поверхности оптической части линзы. Образующиеся в результате этого более мелкие волны пересекаются, и за счет дальнейшей интерференции складываются, формируя новый фокус на сетчатке. Дифракционная интраокулярная оптика частично лишена недостатков рефракционной оптики – не так чувствительна к децентрации и значительно менее зрачковозависима, так как формирует фокусы не отдельными зонами, а всей поверхностью. [161,165,166,169].

Следует подчеркнуть, что на сегодняшний день хорошие функциональные и эргономические характеристики, высокая некорригированная острота зрения для близи и дали, низкая зависимость от дополнительной очковой коррекции в послеоперационном периоде и основанное на этом расширение показаний к мультифокальным линзам вывели данный метод на качественно новый уровень. При этом самыми распространенными среди мультифокальных ИОЛ являются дифракционные ИОЛ, данный тип линз обеспечивает псевдоаккомодационное зрение, т.е. качественную зрительную работу пациентов как вдаль, так и вблизи, создавая на сетчатке несколько изображений. При этом не задействуются механизмы естественной аккомодации, и устраняется зависимость от остаточной функциональной активности цилиарной мышцы. С точки зрения физической оптики мультифокальные линзы могут работать как на принципах рефракции света, так и на принципах дифракции света с последующей интерференцией. В целом проведенные исследования зарубежных и отечественных авторов показали эффективность использования МИОЛ с целью восстановления

аккомодационной функции хрусталика после хирургии катаракты [36,88,108,110,113,114,158,159].

Принцип действия **аккомодирующих ИОЛ** (или аккомодирующих биомеханических систем с ординарной оптикой), связан с возможностью изменения положения оптического элемента линзы вдоль передне-задней оси за счет особой конструкции гаптики. Это реализуется за счет воздействия на гаптику линзы цилиарной мышцы, стекловидного тела или иных механизмов. Принцип функционирования подавляющего большинства ИОЛ данного типа основан на способности фокусировать на сетчатке изображение предметов, расположенных на различном отдалении от глаза за счет переднее-заднего смещения и/или изменения преломляющей силы оптической части ИОЛ, благодаря сохранной сократительной активности цилиарной мышцы. Данные заднекамерные ИОЛ создавались с расчетом на смещение в передне-заднем направлении под воздействием сокращения цилиарной мышцы, передаваемого по цинновым связкам на капсульный мешок. В настоящее время на рынке представлены и активно используются следующие модели аккомодирующих ИОЛ : CrystaLens AT-45 , AO (C&C Vision), Akkomodative 1CU (Human Optics), Flex Optic (Quest Vision), CrystaLens HD 500 (Baush&Lomb, США), Synchrony (Visiogen). Принципиальным отличием аккомодирующих ИОЛ от мультифокальных заключается в том, что они создают только одну фокальную плоскость внутри глаза, что исключает проблему адаптации к бифокальной оптике, а также не снижает контрастную чувствительность и остроту зрения на средних расстояниях. Как правило, аккомодирующие ИОЛ - жесткие конструкции, помещённые в капсульный мешок и способные под влиянием естественного аккомодационного усилия менять свое расположение или форму. По механизму действия эти линзы отличаются от хрусталика с естественной аккомодацией и поэтому в литературе могут называться псевдоаккомодирующими интраокулярными линзами. Основной принцип действия аккомодирующих ИОЛ связан с возможностью изменения положения

оптического элемента линзы вдоль передне-задней оси за счет воздействия на гаптику ИОЛ цилиарной мышцы, стекловидного тела или иных механизмов [111]. Следует подчеркнуть, что модификация модели ИОЛ Crystalens с АТ-45SE на АТ-50 связана с увеличенным до 5,0 мм диаметра оптики и, следовательно, увеличенную на 30% площадь контакта с экваториальной зоной капсульного мешка, при этом величина гаптических элементов по дуге окружности больше на 90%. Модификация гаптики была призвана, с одной стороны, увеличить диапазоны смещения линзы в акте аккомодации, с другой - повысить удобство имплантации и обеспечить лучшую стабилизацию линзы за счет обширного контакта с капсульным мешком. Новейшая модель в этой линейке линз Crystalens АО, разрешенная к клиническому применению в 2009 г., создавалась на одной с Crystalens HD и Crystalens 5-0 платформе. Ключевое отличие от предыдущего поколения - биасферический дизайн оптики, благодаря которому линза стала менее чувствительна к децентрации.

Различные исследования подтверждают, что аккомодирующие ИОЛ Crystalens использует как механизмы естественной аккомодации (перемещение вдоль оптической оси), так и явление псевдоаккомодации (в центре оптической части имеется утолщение, увеличивающее глубину фокуса) [6,19,82,138,142]. Проведенный анализ литературы позволяет выделить, с нашей точки зрения, следующие наиболее значимые исследования применительно к целевым задачам настоящей работы.

Neuhann Т. по результатам имплантации имплантаций 112 ИОЛ Crystalens АТ-45 определил, что пациенты с послеоперационной рефракцией от +0,5 до -0,5 дптр и астигматизмом не более 0,75 дптр без сопутствующей глазной патологии достигли остроты зрения вдаль 20/20 во всех случаях, острота зрения вблизи у них была 0,5, а с коррекцией +1,0дптр или +1,5дптр – 0,9-1,0. Данные ультразвуковой биомикроскопии указывали на уменьшение глубины передней камеры после инстилляции пилокарпина [148].

Marchini G. с соавт. исследовали зрительные функции, амплитуду аккомодации, сокращение цилиарного тела и смещение ИОЛ Crystalens AT-45 в передне-заднем направлении в процессе аккомодации методом ультразвуковой биомикроскопии. Установлено, что глубина передней камеры уменьшалась, в среднем, на 0.32 ± 0.16 мм через 1 месяц и на 0.33 ± 0.25 мм 6 месяцев после операции. Особенно важно подчеркнуть, что авторами была определена выраженная взаимосвязь между изменением глубины передней камеры и амплитудой аккомодации, что в целом позволило сформулировать заключение об обеспечении зрения на ближних расстояниях вследствие сокращения цилиарного тела и смещения ИОЛ кпереди [140].

Macsai M.S. с соавт. на основе исследования аккомодационной функции глаза методом динамической ретиноскопии определили, что амплитуда аккомодации составила $2,42 \pm 0,39$ дптр у пациентов с Crystalens и $0,91 \pm 0,24$ дптр, у пациентов с монофокальной ИОЛ. При этом важно отметить, что по данным авторов величина субъективной аккомодация была значительно (на 5,79 дптр) выше, чем показатель объективной аккомодации [136].

Li X. с соавт. определили, что амплитуда переднего сдвига оптики ИОЛ составляет, в среднем на 0,5 мм (0,08 мм в контрольной группе с монофокальными ИОЛ) через 6 месяцев после имплантации, которая к 12 месяцам снизилась до среднего значения 0,3 мм (0,1 мм - в контрольной группе), что связывается с фиброзными изменениями капсульной сумки [138].

Першин К. Б. с соавт. выполнили комплексное (стандартное офтальмологическое обследование, aberromетрия, оптическая когерентная томография, ультразвуковая биомикроскопия) исследование состояния зрения после имплантации аккомодирующей ИОЛ Crystalens HD. По данным авторов в состоянии покоя аккомодации, после инстилляции 1% пилокарпина и на фоне медикаментозного мидриаза, отмечалось уменьшение глубины передней камеры на 0,18 мм (в группе контроля – на 0,15 мм, в условиях мидриаза в 73% случаев отмечалось увеличение глубины передней камеры на 0,09 мм. [61].

Гусев Ю.А., анализируя результаты оценки экскурсии ИОЛ Crystalens HD определил, что амплитуда перемещения линзы в передней камере через 6 месяцев после операции, по данным оптической когерентной томографии составила, в среднем, 0,16 мм, по данным прибора Pentacam -0,37 мм. Обсуждая полученные результаты, автор формулирует заключение, что нельзя объяснить хорошее зрение на различных расстояниях только за счет экскурсии ИОЛ в передней камере. По всей вероятности, немаловажную роль играют такие моменты, как дугообразное прогибание оптической части ИОЛ и использование возможностей псевдоаккомодации. [24].

Ульянов А.Н. подтверждает данные о смещении ИОЛ в передне-заднем направлении после инстилляции пилокарпина на 0,44 - 0,92 мм. [82].

Представленные результаты исследования указывают, что основным механизмом действия аккомодирующей ИОЛ Crystalens является аксиальное смещение оптики линзы в ответ на сокращение цилиарной мышцы, приводящее к ретроградному перераспределению основной массы мышцы / (Cumming S., Colvard M., Dell J. с соавт., 2006; Macsai S., Padinck M., 2006). Это, в свою очередь, приводит к повышению давления в стекловидном теле и одновременно понижению давления в передней камере и выталкиванию линзы вперед к радужке. Перераспределение волокон цилиарной мышцы было показано методами ультразвуковой биомикроскопии и магнитно-резонансного сканирования, при этом степень аксиального смещения линзы, которая оценивалась путем измерения глубины передней камеры и длины полости стекловидного тела после инстилляции мидриатика и повторно - после инстилляции пилокарпина составляла в среднем $0,83 \pm 0,53$ мм (максимально 1,1 мм), что соответствует увеличению силы на 1,79 дптр. Особенно важно подчеркнуть, что движение линзы было достоверно значимее, чем в группе с монофокальными ИОЛ [112,138,140].

Применительно к аккомодирующей ИОЛ 1CU следует подчеркнуть исследования Langenbacher A. с соавт., в рамках которого измеряли глубину

передней камеры до и после инстилляции 2% раствора пилокарпина у пациентов с и монофокальными ИОЛ на приборе IOL Master (Carl Zeiss). В результате измерения авторами выявлен средний передний сдвиг ИОЛ на 0,78 мм против 0,16 мм у контрольной группы, что в пересчете на амплитуду объективной аккомодации соответствует 1,16 и 0,22 дптр [133,134]. В альтернативном исследовании Findl O. с соавт. с использованием неиммерсионной биометрии показали, что через 1 месяц после операции на фоне стимуляции сокращения цилиарной мышцы пилокарпином линза смещалась на 0,34 мм вдоль передне-задней оси (0,06 мм – в контрольной группе с монофокальными ИОЛ), что соответствует изменению силы оптики в 0,5 дптр [119].

В литературе присутствует определенный объем исследований, обосновывающий ведущую роль оптических aberrаций в формировании акта псевдоаккомодации в условиях имплантации аккомодирующих ИОЛ. Наиболее наглядными положениями в данном направлении представляется мнение Repose J. S., которые считает, что увеличение глубины восприятия создается благодаря индукции сферических aberrаций в ходе процесса аккомодации. Векторные силы передаются с цилиарного тела на гаптические элементы линзы, при этом линза смещается вперед и прогибается. ИОЛ изменяет свою форму в противоположность движению по оси, такое изменение приводит к возникновению сферических aberrаций, в результате чего усиливается глубина восприятия. Важно при этом подчеркнуть, что, по мнению автора, для обеспечения оптимального результата должна быть безупречная хирургическая техника, направленная на полное погружение в капсульный мешок с абсолютно правильной ротацией в задней камере. Определенное значение имеет диаметр капсулорексиса в контексте того, что край должен проходить точно по краю оптики линзы, не уходя ни вперед, ни назад, разрез должен быть тщательно герметизирован [150,153].

По мнению Wolffsohn J.S. с соавт., основанном на комплексной оценке состояния аккомодации с использованием оптической когерентной томографии,

абберометрии и объективной аккомодометрии, острота зрения вблизи главным образом обеспечивается не за счет задне-переднего сдвига оптики ИОЛ, а за счет глубины фокуса, которая определяется оптическими aberrациями. При этом автором подчеркивается, что для комфортного чтения и четкого зрения вблизи требуется порядка 3,0 дптр. Для обеспечения такой амплитуды аккомодации существующие аккомодирующие ИОЛ должны смещаться вдоль аксиальной оси на 2 мм, что, по мнению автора, маловероятно [170].

В этой связи следует также подчеркнуть, что по данным оптической когерентной томографии в условиях физиологической стимуляции аккомодации глаза с различными (фиксированными внутрикапсульно) моделями ИОЛ, достоверных анатомо-топографических изменений переднего сегмента глаза не установлено. Ведущим фактором, определяющим механизм псевдоаккомодации при монофокальной артифакции, является глубина фокуса, которая прямо пропорционально зависит от объема субъективной аккомодации. Основное влияние на остроту зрения вблизи у пациентов с артифакцией оказывают сферические и кома-подобные aberrации. При этом тотальная кома была более выражена в группах аккомодирующей и сферической ИОЛ. Более детальный анализ комы показал, что вертикальная кома была достоверно менее выражена в группе с асферическими ИОЛ. Значения горизонтальной комы между группами не отличались. [44,46].

Необходимо отметить результаты исследований отечественных авторов у пациентов после факоэмульсификации неосложненной катаракты с имплантацией мультифокальной и аккомодирующей ИОЛ. При этом основные различия были выявлены в показателях объема аккомодации (с учетом зависимости показателя от предоперационной рефракции при аккомодирующей ИОЛ) и остроты зрения вблизи на расстояниях 30-45 см и 50-70 см, что подтверждается анализом кривой дефокусировки. Применительно к последнему положению установлено, что при дефокусировке стеклами -1,0 и -1,5 дптр (что соответствует среднему расстоянию в 70-100 см) острота зрения выше у пациентов с аккомодирующими линзами, в то

время как при дефокусировке стеклами $-2,0$ и $-2,5$ дптр (что соответствует ближнему расстоянию в 40-50 см) острота зрения выше у пациентов с мультифокальной ИОЛ. У пациентов с аккомодирующей ИОЛ объем аккомодации определялся предоперационной рефракцией и варьировал от $1,27 \pm 0,30$ дптр при исходной миопической рефракцией до $2,45 \pm 0,26$ дптр у пациентов с предоперационной гиперметропической рефракцией, что указывает на зависимость работы линзы от остаточной функции цилиарной мышцы. Установлена эффективность предоперационного исследования резервов аккомодации в качестве прогностического критерия выбора интраокулярной методики коррекции пресбиопии. Результаты aberрометрического обследования не выявили существенных различий по показателям aberраций высокого порядка в условиях диаметра зрачка 5 мм. В то же время проведение aberрометрии при диаметре зрачка 6 мм выявило статистически незначимую тенденцию к увеличению величины aberраций при имплантации аккомодирующих ИОЛ в среднем, на 10,6%-10,9% ($p > 0,05$). Установлено, что характер зрительной работы пациента является ведущим фактором интраокулярной коррекции пресбиопии при выборе конкретной методики и модели интраокулярной линзы. Определено, что наиболее высокий уровень функционирования зрительного анализатора выявлен при имплантации аккомодирующих ИОЛ, что подтверждается требуемой величиной бинокулярной некорригируемой остроты зрения вдаль и на среднем расстоянии, низкой частотой жалоб на оптические феномены и минимальным уровнем aberраций высшего порядка. высокое значение артификаческой аккомодации следует ожидать в случае сочетания слабой миопической рефракции, миопического астигматизма и узкого зрачка. Объем аккомодации при прямом послеоперационном астигматизме больше, а некорригированная острота зрения глаз выше, чем при других типах послеоперационного астигматизма. Сужение диафрагмы приводит к увеличению объема псевдоаккомодации. Выявленная закономерность подтверждает целесообразность планирования послеоперационного рефракционного эффекта в виде остаточной миопии до 3,0 D, прямого астигматизма до 1,0-1,5 D, что позволяет расширить объем

псевдоаккомодации без существенного снижения остроты зрения. Авторы подчеркивают, что имплантация аккомодирующей ИОЛ Crystalens HD 500 рекомендуется пациентам старше 50 лет с гиперметропической или эметропической рефракцией без выраженной диафрагмальной функции зрачка, для которых важно зрение вдаль и на среднем расстоянии [5,6,7,8,11,19,20,21].

В заключение следует отметить, что восстановление аккомодации глаза после фактоэмульсификации катаракты возможно двумя путями: за счет эффекта псевдоаккомодации при имплантации мультифокальных и дифракционных ИОЛ, индуцирующих оптические aberrации или за счет восстановления естественных механизмов аккомодации на основе имплантации аккомодирующих ИОЛ. Накопленный клинический опыт указывает, что применение интраокулярных хирургических технологий является ведущим методом современной коррекции пресбиопии у пациентов пожилого возраста при отсутствии остаточных резервов аккомодации и (или) наличия аномалий рефракции высокой степени, а также сопутствующей глазной патологии. При этом выбор конкретной ИОЛ определяется на основании индивидуального подхода, учитывающего анатомо-физиологические особенности глаза и характер зрительной работы пациента. Интраокулярная коррекция афакии мультифокальными и аккомодирующими ИОЛ после фактоэмульсификации неосложненной катаракты в большинстве случаев обеспечивает высокие клинико-функциональные результаты и необходимый уровень субъективной удовлетворенности пациента. В тоже время современные аккомодирующие ИОЛ, позволяющие оптически реабилитировать пациентов с пресбиопией и сопутствующей внутриглазной патологией, не во всех случаях обеспечивают достаточный объем аккомодации для высокого зрения вблизи. С учетом возрастного уровня большинства пациентов необходимо отметить, что согласно литературным данным механизм пресбиопии до сих пор до конца неясен и, как следствие, нет четко отработанных физиологически и анатомически обоснованных способов восстановления и коррекции этого вида возрастного нарушения рефракции. По-видимому, в основе этого состояния

лежат мультифакторные анатомо-физиологические изменения структур не только глаза, но и всего организма, и необходимо найти методы исследования состояния и возможностей аккомодационного аппарата пациента на этапе дооперационного исследования, одним из которых может явиться объективная аккомодография.

ГЛАВА II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика пациентов, методика проведения исследования и статистической обработки результатов

Исследование выполнялось на базе кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства» и в центре микрохирургии глаза Медицинского частного учреждения «Поликлиника ОАО «Газпром», г.Москва в период 2012-2014 г.г. . Основным критерием включения пациентов в исследования явилась неосложненная катаракта различной степени зрелости, наличие бинокулярного зрения, отсутствие выраженных изменений со стороны зрительного нерва и сетчатки, острота зрения с максимальной коррекцией не ниже 0,3 при прозрачном хрусталике и ожидаемая острота зрения не ниже 0,3 при катаракте, высокая мотивация пациентов избавиться или снизить зависимость от очковой коррекции на дальнем, среднем и близком расстояниях, отсутствие у пациентов тяжелых общесоматических заболеваний, а также (применительно к первой серии исследований) – отсутствие патологии со стороны органа зрения. Критериями исключения пациентов из исследования явилось наличие у пациента в анамнезе травмы глаза, воспалительных заболеваний переднего и (или) заднего отрезков глаза, наличие каких-либо осложнений после проведения фактоэмульсификации катаракты. Всего обследовано 268 пациентов (416 глаз) в рамках основной (хирургической) группы и 176 пациентов (352 глаза) в рамках контрольной группы. В процессе работы выполнено четыре серии клинических исследований.

Первая серия была направлена на исследование объективных показателей аккомодационной способности глаза у пациентов пресбиопического возраста без

патологии органа зрения и оценку взаимосвязи между параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации. В рамках данного направления работы обследовано методом компьютерной аккомодографии 144 (288 глаз) пациента (98—мужчин, 46—женщин) с эметропической (величина сферического эквивалента не более 0,75 дптр) рефракцией без сопутствующей патологии органа зрения, разделенных на следующие возрастные группы: 40-45 лет (32 пациента, 64 глаза); 46-50 лет (28 пациентов, 56 глаз); 51-55 лет (28 пациентов, 56 глаз); 56-60 лет (30 пациентов, 60 глаз) и более 60 лет (26 пациентов, 52 глаза). В качестве контрольной группы обследовано 32 пациента (мужчины) с эметропической рефракцией в возрасте 22-28 лет. Анализ результатов выполнялся на основании качественной (экспертной) оценки аккомодограммы (наличие или отсутствие аккомодационного ответа, микрофлюктуаций) и расчета, для отдельных клинических случаев), основных показателей, характеризующих уровень функционирования аккомодационной мышцы глаза. Кроме того, применительно к контрольной группе пациентов выполнено по стандартным методикам обследование объема и резервов (положительных и отрицательных) аккомодации.

Вторая серия исследований была направлена на оценку выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента. Методика работы основывалась на обследовании пациентов через 1-6 месяцев после проведения стандартной факоэмульсификации неосложненной катаракты с имплантацией двух типов ИОЛ:

- монофокальной (24 пациента (48 глаз) в возрасте 48-74 года, средний возраст $58,4 \pm 1,4$ года;
- аккомодирующей (22 пациентов (44 глаза) в возрасте 49-69 лет, средний возраст $57,8 \pm 1,2$ года.

При этом основной задачей в рамках наблюдения пациентов было проведение сравнительной оценки аккомодационного смещения ИОЛ в зависимости от типа линзы.

В качестве контрольной группы использовались данные наблюдения пациентов первой серии исследования (144 пациента, 288 глаз), разделенных на три отличающиеся по величине резервов аккомодации возрастные группы (37-49; 50-64; 65-82 года соответственно, 44, 52 и 48 пациентов). При этом основной задачей в рамках наблюдения пациентов было исследование взаимосвязи между состоянием резервов аккомодации и выраженностью аккомодационного смещения хрусталика. Методика работы основывалась на объективном исследовании аккомодационного ответа (хрусталика или ИОЛ) в условиях медикаментозного миоза (после трехкратного закапывания в конъюнктивальную полость 1% раствора пилокарпина в течение 60 мин.) и медикаментозного мидриаза (после трехкратного закапывания 1% раствора мидриацила в течение 60 мин.). При этом в качестве базового показателя аккомодационного ответа, отражающего степень смещения хрусталика или ИОЛ, использовалась выявленная в указанных условиях динамика глубины передней камеры, которая оценивалась с помощью оптического Шеймпфлуг-сканирования переднего отрезка глаза на приборе «Oculus Pentacam». Наряду с этим, у лиц контрольной группы было выполнено исследование положительных резервов аккомодации (РА) по стандартной методике, заключающейся в чтении (бинокулярно, на расстоянии 33 см) текста № 4 (острота зрения 0,7) таблицы Д.А. Сивцева для близости с последующим предъявлением отрицательной оптической нагрузки (с «шагом» -0,5 дптр), до предельного значения линзы, при которой чтение было возможно.

Третья серия исследований была направлена на проведение комплексной оценки объективных показателей аккомодационного ответа у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ. Методика работы основывалась на

обследовании пациентов через 1-6 месяцев после проведения стандартной факоэмульсификации неосложненной катаракты с имплантацией трех типов ИОЛ:

- монофокальной (54 пациента (62 глаза) в возрасте 48-66 лет, средний возраст $56,4 \pm 1,4$ года;
- мультифокальной (42 пациента (48 глаз) в возрасте 50-67 лет, средний возраст $54,2 \pm 1,8$ года;
- ааккомодирующей (48 пациентов (58 глаз) в возрасте 49 -64 лет, средний возраст $54,8 \pm 0,8$ года.

В качестве контрольной группы использовались данные наблюдения пациентов первой серии исследования (34 пациента в возрасте 47 -68 лет, средний возраст $55,4 \pm 0,7$ года), не имеющих патологии со стороны органа зрения.

Всем пациентам было выполнено обследование состояния зрения, направленное на оценку аккомодационной функции глаза, включающее в себя измерение передне-задней оси глаза, среднего радиуса роговицы и глубины передней камеры глаза (при узком зрачке без оптической нагрузки, при узком зрачке с оптической нагрузкой -3,0 дптр и в условиях циклоплегии без оптической нагрузки), а также проведение объективной аккомодографии с измерением коэффициентов аккомодационного ответа и высокочастотных микрофлюктуаций.

Четвертая серия исследований была выполнена в целях проведения сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии. Методика работы основывалась на имплантации (бинокулярно; второй глаз оперировался через 1–5 месяцев) после стандартной факоэмульсификации неосложненной катаракты трех типов ИОЛ. При этом монофокальные ИОЛ были имплантированы 28 пациентам в возрасте 51–66 лет (средний возраст $55,8 \pm 1,6$ года), мультифокальные ИОЛ – 30 пациентам в

возрасте 50–67 лет (средний возраст $54,2 \pm 1,8$ года), аккомодирующие ИОЛ – 28 пациентам в возрасте 49–64 лет (средний возраст $(55,6 \pm 0,6)$ лет). Всем пациентам было выполнено обследование состояния зрения, включающее в себя оценку остроты зрения вдаль и вблизи (с коррекцией и без коррекции), а также исследование аккомодационной функции глаза методом объективной аккомодографии с измерением коэффициентов аккомодационного ответа высокочастотных микрофлюктуаций, а также показатели показателей разброса (σ) данных коэффициентов. Обследование субъективного статуса проводилось с использованием двух специальных опросников: «VF-14» («Visual Function») и «ССЗ» («Субъективное состояние зрения»).

Объем и структура клинических исследований представлена в таблице 1.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием прикладной компьютерной программы Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., США) на основе применения стандартных параметрических методов оценки среднего и ошибки среднего значения показателя ($M \pm m$), а также критерия Стьюдента. Кроме того, для статистического анализа связей между переменными использовались непараметрические коэффициенты корреляций Спирмена, Гамма и Кендалла, а также показатели стандартного и пошагового дискриминантного анализов [198].

Таблица 1 - Объем и структура клинических исследований

Направление исследований	Число пациентов (глаз)
1. Исследование объективных показателей аккомодационной способности глаза у пациентов пресбиопического возраста без патологии органа зрения и оценка взаимосвязи между параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации	176 (352)
2. Оценка выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента	46 (92)
3. Проведение комплексной оценки объективных показателей аккомодационного ответа у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных и аккомодирующих ИОЛ	144 (168)
4. Проведение сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии	78 (156)
ИТОГО	268 (416) – основная (хирургическая) группа 176 (352) – контрольная группа

2.2. Методика факоэмульсификации катаракты, краткая характеристика имплантируемых интраокулярных линз

Факоэмульсификация катаракты выполнялась в условиях специализированной офтальмологической операционной Центра микрохирургии глаза Поликлиники ОАО «Газпром» с использованием операционного микроскопа «Visu-200» (Carl Zeiss, Германия) и ультразвуковых факоэмульсификаторов моделей Millennium (Baush&Lomb, США) и Infiniti Vision System OZil (Alcon, США). Операции выполнялись двумя хирургами (д.м.н.Антонюком С.В. и д.м.н.Беликовой Е.И.), во всех случаях применялся роговичный операционный доступ в верхне-наружном сегменте или в сильном меридиане роговичного астигматизма размером 2,2 мм. с последующим формированием двух парацентезов на 3-х и 9-ти часах размером 0,9 мм для дополнительных инструментов и ирригационно-аспирационных наконечников. В переднюю камеру вводился адгезивный вискоэластик Viscoat (Alcon, США) 0,1 мл для защиты эндотелия роговицы и когезивный вискоэластик Provisc (Alcon, США) 0,2 мл для восполнения объема. Передний капсулорексис выполняли пинцетной техникой в четыре перехвата размером 5,5 мм, а при имплантации Crystalens HD - 5,5 -6,0 мм. В обязательном порядке выполнялась гидродиссекция и гидроделлениация с последующей ротацией ядра специальной канюлей. При удалении прозрачного хрусталика применялась методика монологической аспирации ядра и кортикальных масс ультразвуковым наконечником факоэмульсификатора на режиме аспирации-ирригации без использования ультразвука и второго инструмента. операции выполнялись по стандартной методике факоэмульсификации, при этом для раскола и удаления ядра применялась техника «phaco chop». Ротация и центровка монофокальной ИОЛ выполнялась с помощью ирригационно-аспирационных канюль без использования дополнительных инструментов, с целью минимизации количества манипуляций в передней камере. Линза локализовалась в капсульном мешке в горизонтальном положении гаптических элементов. Имплантация

мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ выполнялась в соответствии с изложенными в литературе отличительными технологиями, точное выполнение которых непосредственно влияет на успешный послеоперационный результат [18,19,20].

В процессе факоэмульсификации катаракты имплантировались следующие виды ИОЛ.

Монофокальная ИОЛ - моноблочная гибкая акриловая заднекамерная линза AcrySof® IQ модель SN60WF (рисунок 1) с фильтрами ультрафиолетового и синего спектров света действует приближенно к хрусталику человека в диапазоне длин волн от 400 до 475 нм.

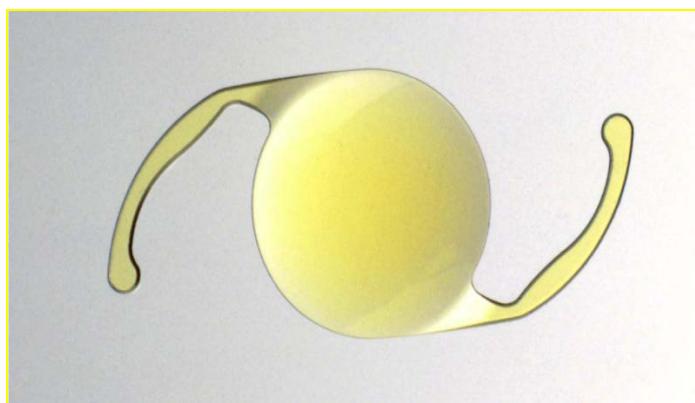


Рисунок 1 - Общий вид монофокальной ИОЛ AcrySof® IQ.

Оптическая асферическая двояковыпуклая часть состоит из мягкого акрилового материала с высоким коэффициентом преломления 1.55 и размером 6 мм. Гаптическая часть имеет размер 13 мм. Данный материал можно сгибать перед имплантацией. После имплантации линза аккуратно и полностью расправляется, принимая свою обычную форму. Модель линзы разработана для индукции отрицательных сферических аберраций.

Мультифокальная ИОЛ - аподизированная дифракционная асферическая ИОЛ AcrySof® IQ ReSTOR®, представляющая собой собой мультифокальную линзу, выполненную на базе монофокусной модели AcrySof® IQ (рисунок 2).



Рисунок 2 - Общий вид мультифокальной ИОЛ AcrySof® IQ ReSTOR®

Данная модель ИОЛ предназначена для имплантации в заднюю камеру глаза при афакии и пресбиопии. Линза имеет двояковыпуклую оптическую часть, содержащую переднюю дифракционную структуру из 9 сферических колец, которая разделяет свет, обеспечивая псевдоаккомодационное зрение вдаль, на среднем расстоянии и вблизи без помощи дополнительной коррекции. Асферическая двояковыпуклая оптика уменьшает сферические aberrации по сравнению со стандартной сферической оптикой.

Аккомодирующая ИОЛ - Crystalens HD500 (Bausch@Lomb), выполненная из силиконового эластомера Biosil, моноблочная, имеет два гаптических элемента, которые связаны с оптикой широким прямоугольным основанием, вблизи оптики имеется глубокий желоб, позволяющий оптическому элементу смещаться относительно гаптики под давлением стекловидного тела. На конце гаптических элементов впаяны 4 жестких усика из полиамида, обеспечивающие надежную опору для линзы в капсульном мешке. Оптика имеет размер 5 мм, гаптические элементы – 2,75 мм, внешний диаметр – 11.5 мм (рис.3).

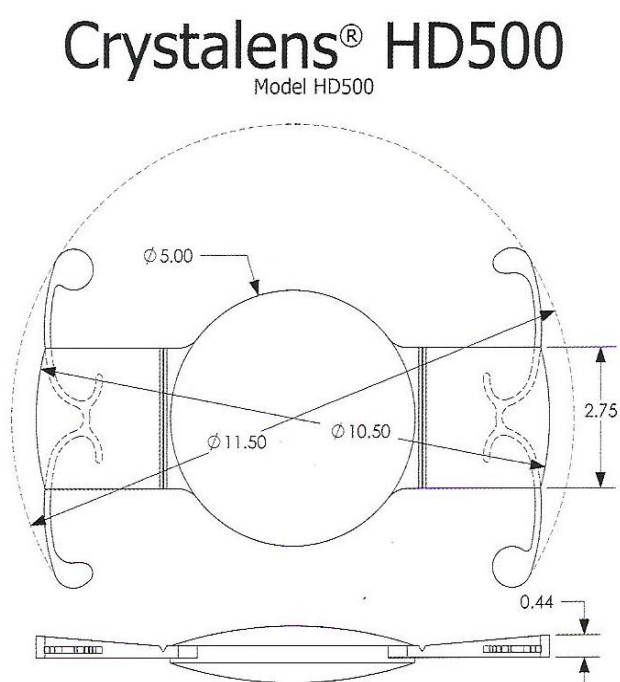


Рисунок 3 - Схематическое изображение ИОЛ Crystalens HD 500

Разработчиками указывается на три основных механизма действия данной ИОЛ. Первый – смещение подвижной оптической части линзы, которая реагирует на изменение тонуса аккомодационной системы глаза и смещается в передне-заднем направлении, изменяя силу рефракции. Кроме того, последняя модель линзы имеет центральную 1,0 мм зону с повышенной кривизной от 3,0 до 5,0 мкм, обеспечивая дополнительный псевдоаккомодационный компонент (второй механизм). Третий механизм, повышающий бинокулярную остроту зрения

пациентов – это эффект минимоновидения, когда ведущий глаз корректируется в эмметропию, а парный – в слабую миопию 0,5-0,75 дптр. Кроме того, оптика новой модели Crystalens HD снабжена элевацией в центральной зоне, площадь которой варьируется от 3 до 5 микрон. В этой зоне формируются сферические aberrации, что, позволяет обеспечить дополнительный псевдоаккомодирующий эффект, не снизив при этом контрастной чувствительности и остроты зрения вдаль. Следует также отметить уменьшенную толщину оптики, что должно способствовать изменению оптической силы в процессе аккомодации. Согласно данным литературы, модернизация позволила улучшить остроту зрения вблизи и на промежуточном расстоянии, при этом контрастная чувствительность статистически не отличалась от таковой у предыдущих поколений [100,101].

2.3. Методы клинико-функционального обследования состояния зрения и аккомодационной системы глаза

Методика обследования пациентов включала в себя оценку базовых клинических показателей с учетом оценки объективных параметров аккомодационного ответа; измерение традиционных показателей аккомодации (резерв, объем); исследование объективных показателей аккомодации с использованием методики объективной аккомодографии, а также субъективное тестирование с использованием специальных опросников, оценивающих «качество жизни» после операции.

Исследование базовых клинических показателей включало следующие методики:

- визометрию для дали и для близи без коррекции и с коррекцией на компьютерном проекторе знаков NIDEK SC-2000 с дистанционным управлением

и автооптометрических системах NIDEK OT-3300 и NIDEK AOS-2100; на среднем расстоянии 80 см и на близком расстоянии 40 см с использованием таблиц для проверки остроты зрения на среднем и близком расстоянии;

- кераторефрактометрию с использованием авторефкератометра NIDEK ARK-530A;
- анализ переднего отдела глаза на приборе OCULUS Pentacam с дополнительным использованием оптического Шеймпфлуг сканирования;
- тонометрию на бесконтактном тонометре NIDEK NT-4000;
- оптическую биометрию на системе ZEISS IOL Master с целью расчета силы интраокулярной линзы, а также измерений передне-задней оси (ПЗО, мм) глаза, среднего радиуса роговицы (СРР, дптр) и глубины передней камеры (ГПК, мм) глаза (при узком зрачке без оптической нагрузки, при узком зрачке с оптической нагрузкой -3,0 дптр и в условиях циклоплегии без оптической нагрузки);
- А-В сканирование на ультразвуковой системе NIDEK US-4000.

Исследование традиционных показателей аккомодации включало определение по стандартной методике положительных и отрицательных резервов (с использованием очковой оправы, набора стекол и текста № 4 (острота зрения 0,7) таблицы Д.А. Сивцева для исследования остроты зрения вблизи в 33 см от глаза, а также определение ближайшей, дальнейшей точек ясного зрения и объема аккомодации на аккомодометре «АКА-01».

Методика объективной аккомодографии выполнялась на приборе «RightonSpeedy-I» (рисунок 4,5).



Рисунок 4 - Общий вид прибора «RightonSpeedy-I»

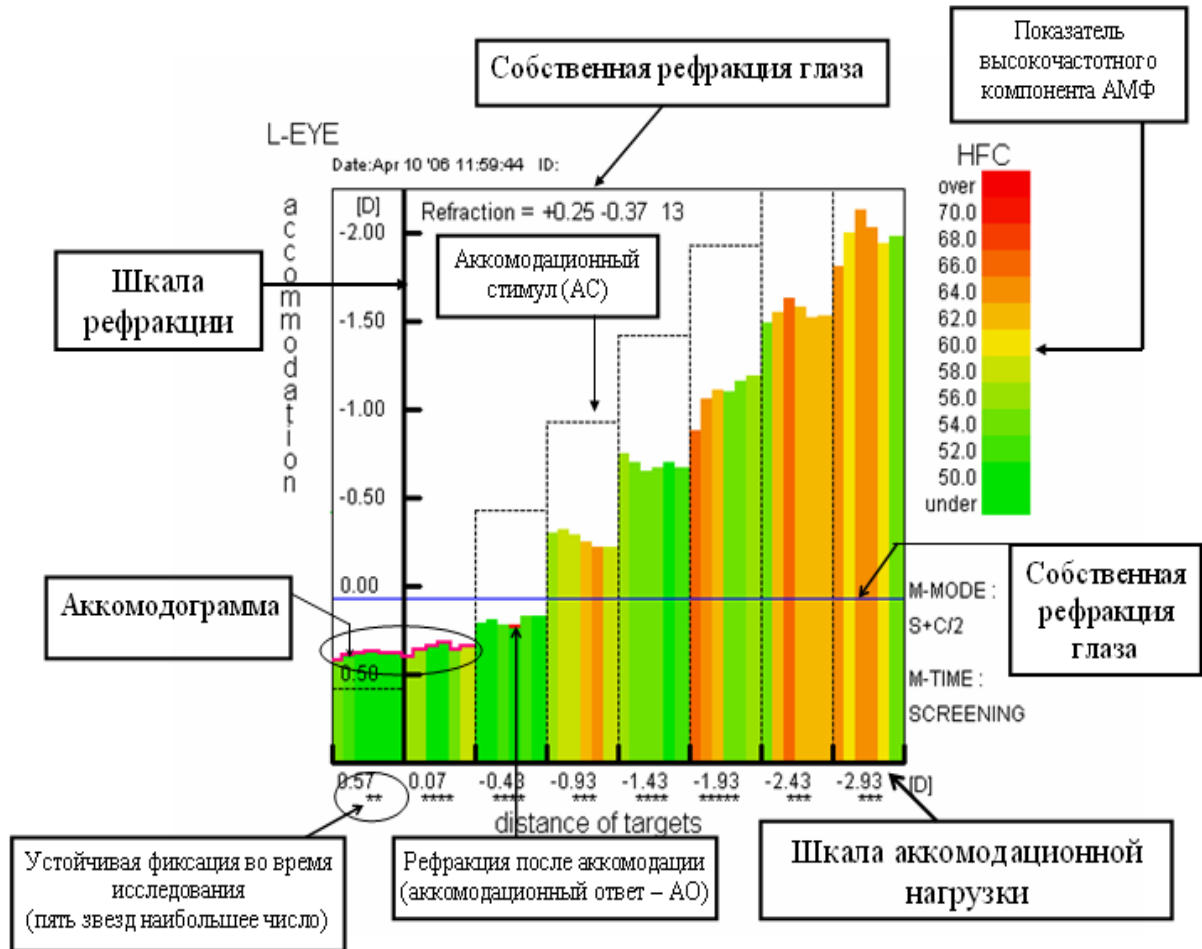


Рисунок 5 - Общий вид аккомодограммы

Пациенту предъявляется зрительный стимул (мира) на различном расстоянии от глаза – из бесконечности до 20 см. На приборе можно оценивать процесс напряжения цилиарной мышцы и ее релаксации. Первоначально осуществляется рефрактометрия, затем предъявляется зрительный стимул с определенной рефракцией, который называется аккомодационным стимулом. В начале исследования создаются условия слабой релаксации + 0,5Д, затем условия эметропии и далее ступенчато происходит увеличение рефракция стимула на 0,5Д : -0,5Д; -1,0Д; -1,5Д; -2,0Д и т.д. до -5,0. Во время исследования рефрактометр в непрерывном режиме (частота измерения датчика составляет 600Гц) измеряет рефракцию глаза на фоне предъявляемой нагрузки, что позволяло определить аккомодационный ответ (АО) - способность аккомодации фиксировать объект на определенном расстоянии от глаза. Эти данные обрабатываются и отображаются в виде диаграмм (графика). Аккомодограф работает в пошаговом режиме. Шагом (-0,5 дптр) является многократное измерение рефракции глаза, а именно определение аккомодационного ответа при определенном (одинаковом) значении аккомодационного стимула.

Математическая оценка аккомодограммы выполнялась по следующим показателям [3,25,33,34].

1. Степень напряжения цилиарной мышцы характеризует коэффициент аккомодационного ответа (КАО), $КАО = АО / АС$,

где АО- аккомодационный ответ в диоптриях, АС- аккомодационный стимул в диоптриях.

По данным каждой аккомодограммы вычислялся средний КАО по формуле: $КАО_{ср} = \sum КАО / n$ где $КАО_{ср}$ – средняя величина КАО аккомодограммы; $\sum КАО_n$ – сумма КАО всех столбцов измерений, n- количество столбцов измерений.

2. Для оценки устойчивости аккомодограммы использовалась формула:

$$\sigma_{КАО} = \sqrt{(\sum (КАО_i - КАО_{ср})^2 / n)}$$

3. Для оценки роста (убывания) аккомодограммы использовали коэффициент роста (КР) аккомодограммы, который определяется по формуле:

$KP = n_{\Delta AO} / n$, где $n_{\Delta AO}$ – количество значений неотрицательных значений ΔAO , т.е. $AO_i - AO_{i-1} \geq 0$, а n - общее количество измерений во время исследования.

4. Для оценки выраженности высокочастотного компонента АМФ вычислялся средний уровень НФС исследования – коэффициент микрофлюктуаций КМФ:

$KMF = HFC_{cp} = \sum HFC_n / n$, а также σ_{HFC} , где HFC_n - ВЧК АМФ каждого измерения.

5. Для оценки устойчивости работы аккомодационной мышцы использовалась формула $\sigma_{KMF} = \sqrt{(\sum (KMF_i - KMF_{cp})^2 / n)}$

Обследование субъективного статуса проводилось с использованием двух специальных опросников: «VF-14» и «ССЗ». Опросник «VF-14» (« Visual Function») состоит из 18 вопросов, касающихся 14 видов повседневной деятельности: чтения мелкого шрифта, чтения шрифта обычной величины, чтения газеты или книги, узнавания других людей, дорожных знаков и указателей, шитья, заполнения квитанции, возможности играть в настольные игры, заниматься спортом, самостоятельно готовить пищу, а также просмотра телевизионных передач, вождения автомобиля в условиях нормальной и сниженной освещенности. На основании ответов пациента, которые оценивались по 10-балльной шкале (от 1 до 10 баллов), рассчитывался средний показатель, отражающий взгляд больного на состояние своих зрительных функций [102]. В опросник «ССЗ» («Субъективное состояние зрения») вошли 35 вопросов, ответы на которые позволяют выявить особенности профессиональной и бытовой зрительной деятельности, вождения автомобиля и психологического восприятия пациентом существующего зрительного статуса. При этом опросе балльная оценка варьировала в диапазоне от 1 балла (симптом отсутствует) до 4 баллов (большая проблема) [1].

ГЛАВА III РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Результаты исследования объективных показателей аккомодационной способности глаза у пациентов пресбиопического возраста

Результаты экспертной оценки аккомодограмм в разных возрастных группах представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты экспертной оценки аккомодограмм в разных возрастных группах (в % от общего числа случаев)

Возрастная группа	Наличие аккомодационного ответа	Наличие микрофлюктуаций
40-45 лет	76%	86%
46-50 лет	49%	58%
51-55 лет	17%	46%
56-60 лет	8%	21%
Более 60 лет	3%	7%

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют, что отсутствие объективных признаков функционирования аккомодационной мышцы глаза по экспертной оценке имеет место уже в наиболее «молодой» возрастной группе (40-45 лет), для - аккомодационного ответа в 24% случаев, для микрофлюктуации в 14% случаев. В дальнейшем отмечается четкая тенденция к ухудшению работы аккомодации с возрастом. Характерный клинический пример отсутствия

объективных признаков функционирования аккомодационной мышцы представлен на рисунке 6.

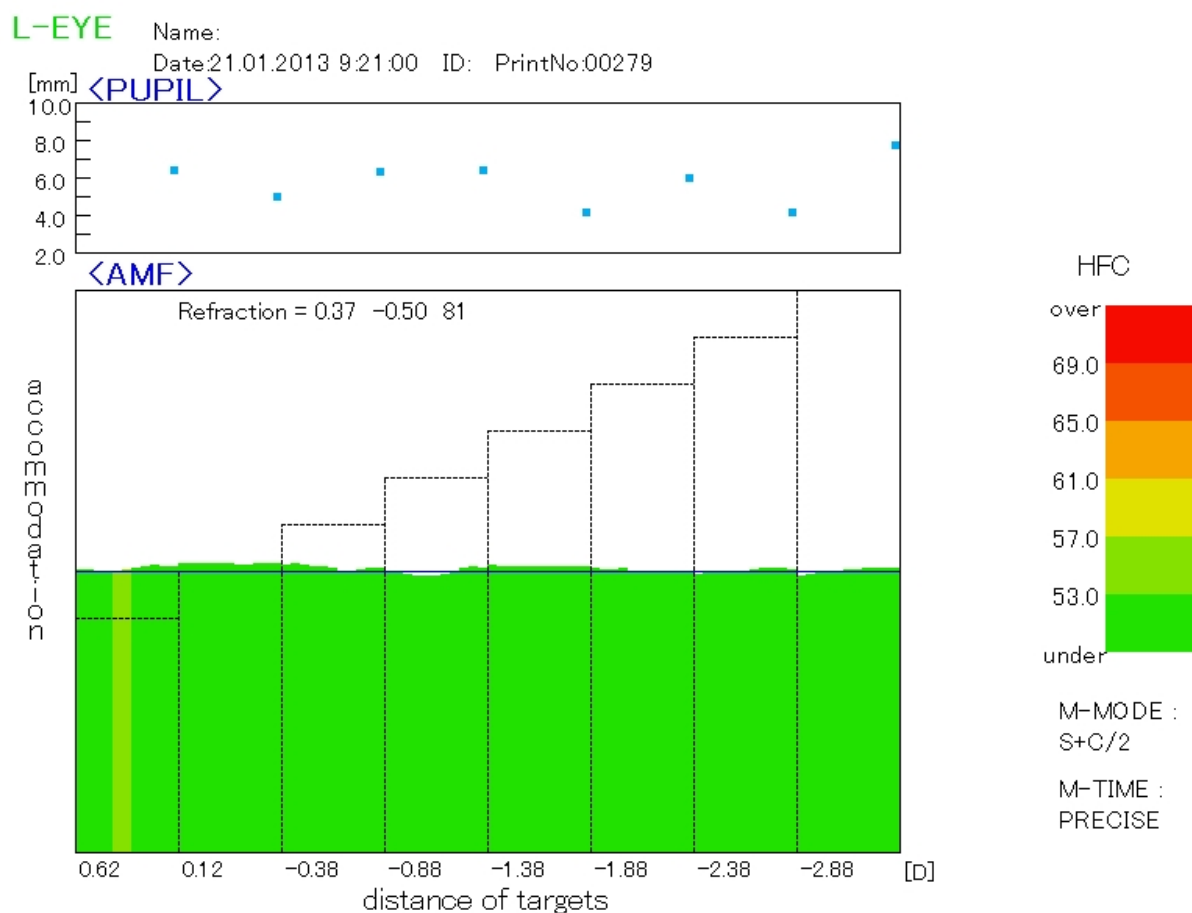


Рисунок 6 - Аккомодограмма пациента К-ва, 42 лет, полное отсутствие аккомодационного ответа (КАО=0,01; КМФ=46,4)

Наряду с этим полученные данные указывают, что у определенного числа пациентов, даже в возрасте старше 60 лет, выявляются признаки функционирования аккомодации. В частности, аккомодационный ответ в возрастной группе 46-50 лет отмечался в 49% случаев, а в группе 51-55 лет - в 17% случаев. Наличие микрофлюктуаций аккомодации – в 58% случаев для лиц

46-50 лет и 21% - для возрастной группы 56-60 лет. Характерные клинические примеры представлены на рисунках 7,8,9.

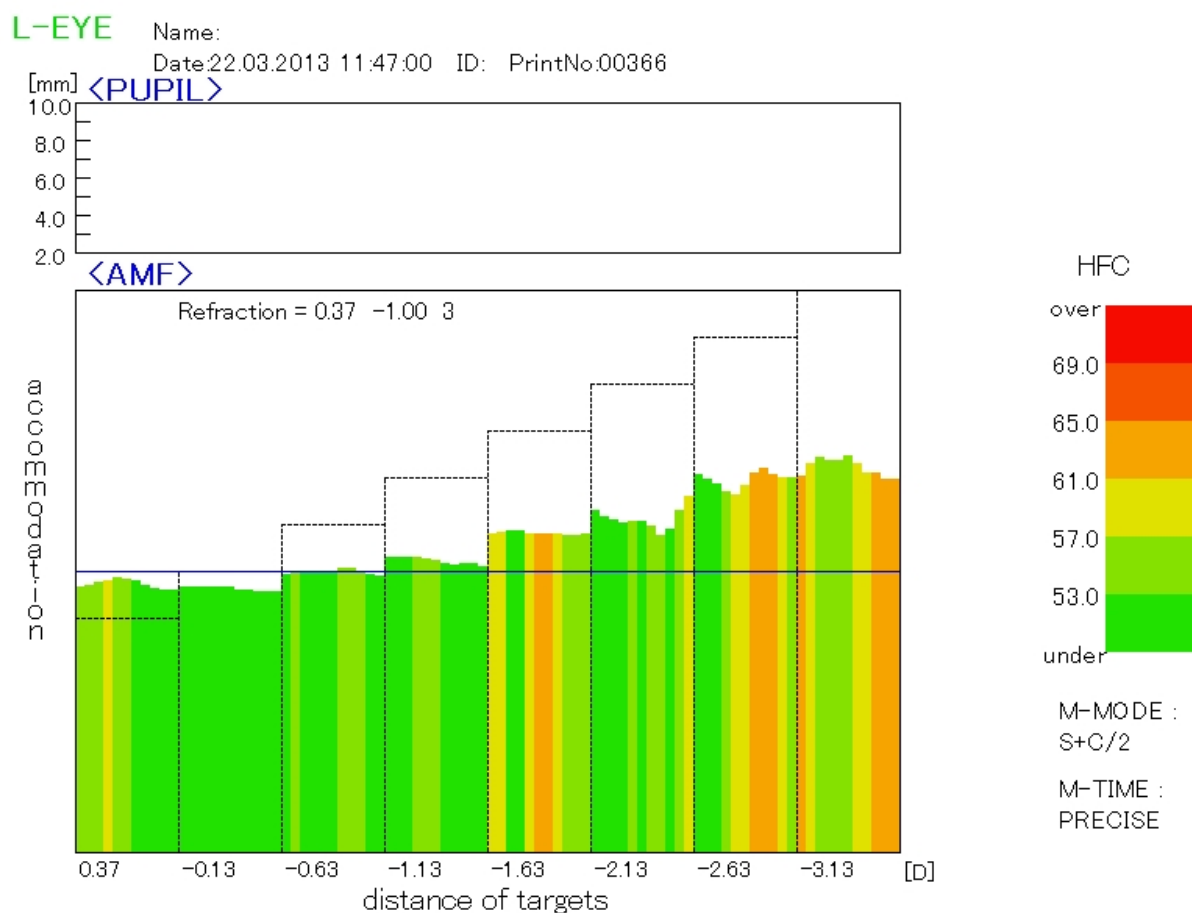


Рисунок 7 - Аккомодограмма пациента Ш-ва, 49 лет (КАО=0,23;КМФ=53,4)

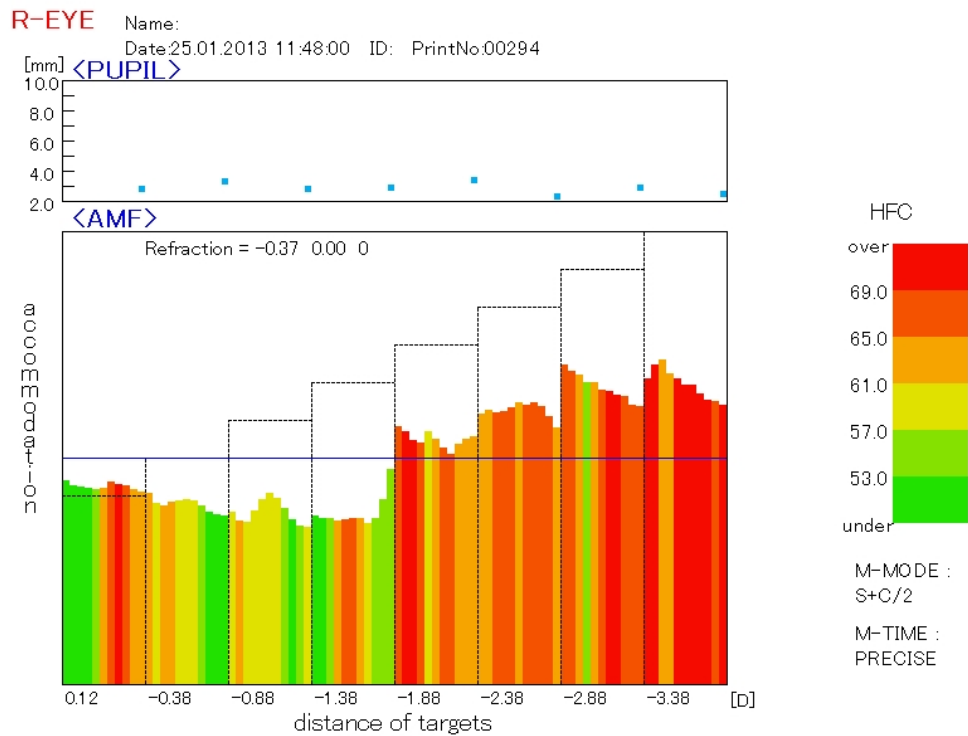


Рисунок 8 - Аккомодограмма пациента Б-на, 56 лет (КАО=0,16;КМФ=62,7)

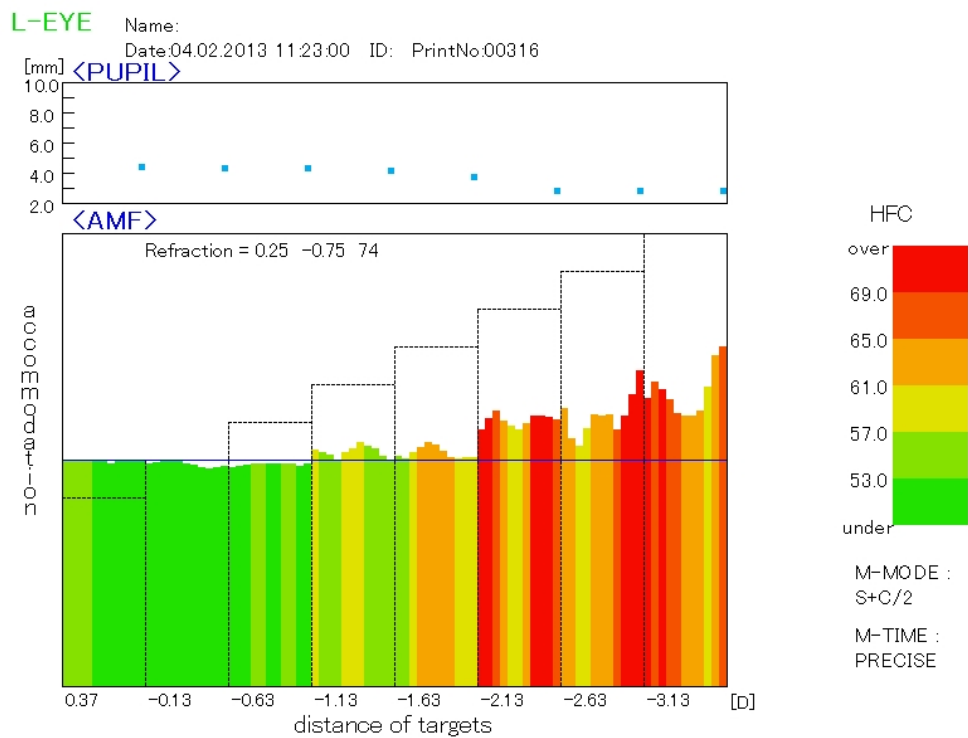


Рисунок 9 - Аккомодограмма пациента С-са, 62 лет (КАО=0,14;КМФ=57,7)

Обсуждая полученные результаты, следует подчеркнуть, что в настоящее время доминирующей концепцией признается «хрусталиковая» аккомодация при возможном дополнительном участии в процессе других структур глаза (удлинение отводящих и сокращение приводящих мышц, увеличение кривизны роговицы), с увеличением аксиальной оси. При этом в возрастной категории от 38 до 50 лет пресбиопия встречается примерно в 31% случаев, а в возрасте 52 и более лет – практически в 100% случаев [3]. Полученные в настоящей работе данные указывают на более поздние возрастные изменения аккомодации по сравнению с данными цитируемой работы, что может быть связано, в частности, с наблюдаемым более поздним угасанием физиологических функций [65]. Безусловно, по данным только объективной аккомодографии трудно судить об основных механизмах данного процесса («хрусталиковых», «внехрусталиковых»). В то же время следует подчеркнуть, что методика объективной аккомодографии позволяет оценить по аккомодационному ответу динамическую рефракцию глаза или, иными словами, истинную аккомодацию. Наряду с этим, необходимо отметить, что при сохранении аккомодационного ответа при пресбиопии этот ответ в большинстве случаев искажен, особенно при рассмотрении бинокулярного взаимодействия. Однако собственно факт наличия аккомодационного ответа и микрофлюктуаций у лиц старше 55 и даже 60 лет свидетельствует о целесообразности дальнейшего более углубленного изучения данного вопроса. В заключение следует подчеркнуть, что в контексте целевых установок настоящей работы исследование аккомодационных возможностей пациента представляется достаточно актуальным с позиций выбора конкретного типа интраокулярной коррекции после факоэмульсификации катаракты.

3.2. Результаты исследования взаимосвязи между параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации

Результаты исследования коэффициентов корреляции между базовыми параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Величина коэффициента корреляции (по Спирмену, Гамма и Кендаллу) между базовыми параметрами объективной аккомодографии и объемом, резервом аккомодации

	Коэффициент корреляции					
	Спирмен		Гамма		Кендалл	
Показатели	К	р	К	р	К	р
ОА-КАО-ПР	-0,13	0,43	0,11	0,36	0,09	0,36
ОА- $\sigma_{\text{КАО}}$ -ПР	-0,19	0,23	-0,13	0,23	-0,13	0,24
ОА-КР-ПР	-0,21	0,19	0,19	0,12	-0,16	0,12
ОА-КМФ-ПР	-0,07	0,63	-0,05	0,66	-0,05	0,66
ОА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ -ПР	0,01	0,93	0,01	0,96	0,01	0,96
ОА-КАО-Л	0,1	0,52	0,06	0,49	0,07	0,49
ОА- $\sigma_{\text{КАО}}$ -Л	-0,08	0,59	-0,07	0,55	-0,07	0,55
ОА-КР-Л	-0,3	0,05	-0,27	0,03	-0,23	0,03
ОА-КМФ-Л	-0,13	0,38	-0,1	0,33	-0,1	0,33
ОА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ -Л	0,2	0,2	0,14	0,18	0,14	0,18
ОА-КАО-СР	0,17	0,26	0,13	0,24	0,12	0,24
ОА- $\sigma_{\text{КАО}}$ -СР	-0,15	0,32	-0,11	0,29	-0,11	0,29

ОА – КР - СР	-0,3	0,05	-0,23	0,04	-0,21	0,04
ОА-КМФ-СР	-0,15	0,32	-0,1	0,33	-0,1	0,32
ОА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ -СР	0,09	0,54	0,07	0,47	0,07	0,47
ПРА-КАО-СР	0,07	0,64	0,05	0,6	0,05	0,6
ПРА- $\sigma_{\text{КАО}}$	0,02	0,88	0,03	0,8	0,03	0,08
ПРА– КР-СР	-0,43	0,06	-0,35	0,07	-0,32	0,07
ПРА-КМФ-СР	-0,09	0,53	-0,07	0,57	-0,06	0,56
ПРА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ -СР	0,1	0,51	0,07	0,5	0,07	0,5
ОРА-КАО-СР	0,07	0,63	0,07	0,56	0,06	0,56
ОРА- $\sigma_{\text{КАО}}$ -СР	-0,05	0,75	-0,04	0,74	-0,03	0,75
ОРА – КР-СР	-0,38	0,07	-0,37	0,06	-0,43	0,06
ОРА-КМФ-СР	0,04	0,77	0,06	0,62	0,05	0,62
ОРА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ - СР	0,19	0,21	0,17	0,15	0,14	0,15
СРА-КАО- СР	0,09	0,59	0,06	0,58	0,06	0,58
СРА- $\sigma_{\text{КАО}}$ -СР	0,02	0,89	0,01	0,92	0,01	0,92
СРА – КР - СР	-0,69	0,001	-0,68	0,001	-0,65	0,001
СРА-КМФ-СР	0,03	0,86	0,02	0,99	0,01	0,99
СРА- $\sigma_{\text{КМФ}}$ -СР	0,03	0,86	0,02	0,99	0,01	0,99

Примечание: ОА- объем аккомодации, ПРА –положительные резервы аккомодации, ОРА – отрицательные резервы аккомодации, СРА – суммарные (положительные+отрицательные) резервы аккомодации, КАО-коэффициент аккомодационного ответа, КР – коэффициент роста аккомодограммы, КМФ – коэффициент микрофлюктуаций, ПР-правый глаз, Л- левый глаз, СР – среднее по двум глазам

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют, что практически все исследуемые традиционные субъективные показатели аккомодационной системы глаза не взаимосвязаны с показателями объективной аккомодографии. При этом лишь установлена статистически значимая корреляционная связь между суммарными (положительными + отрицательными) резервами аккомодации и коэффициентом роста аккомодограммы (коэффициент корреляции по различным методам равен $0,67, p < 0,001$). В тоже время показатель коэффициента роста аккомодограммы отображает наличие выраженного аккомодационного ответа, что, как было показано ранее, является малоактуальным для лиц пресбиопического возраста.

3.3. Результаты оценки выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента

Результаты исследования у пациентов более молодой возрастной группы (от 37 до 49 лет) показали, что величина отрицательных резервов аккомодации (РА) составляла в среднем $1,17 \pm 0,14$ дптр, что позволяет учитывать и использовать собственные возможности глаза для улучшения зрения вблизи. У пациентов после 50 лет резервы аккомодации не превышали в среднем $0,18 \pm 0,04$ дптр, данный запас аккомодации был оценен как недостаточный для зрения вблизи без очков. Наряду с этим выявлено практически отсутствие аккомодационных функций у пациентов после 65 лет ($0,03 \pm 0,02$ дптр). Необходимо подчеркнуть, что различия в возрастных группах имели статистически достоверный характер ($p < 0,001$). Особенно важно отметить, что по результатам исследований не было выявлено зависимости РА от динамики глубины передней камеры глаза (ГПК) при аккомодационном ответе в условиях медикаментозного мидриаза и миоза. К примеру, у пациентки 35 лет с величиной РА в 2,0 дптр изменение ГПК было аналогично данным пациентки 45 лет с запасом аккомодации 0,5 дптр, или у пациента 56 лет при нулевом резерве аккомодации глубина передней камеры

изменилась на 0,03 мм больше, чем у более молодых пациенток. Таким образом, субъективное исследование аккомодационной функции глаза по показателю резерва аккомодации практически не отражает аккомодационное смещение хрусталика.

Результаты сравнительной оценки смещения ИОЛ при различных типах линз представлены в таблице 4 и на рисунках 10,11.

Полученные данные свидетельствуют о выраженных, статистически значимых (в среднем, на 0,22 мм, $p < 0,001$) различиях между динамикой ГПК при аккомодирующих ИОЛ (АИОЛ) (диапазон от 0,22 до 0,45 мм) по сравнению с монофокальной ИОЛ (МИОЛ, диапазон от 0,07 до 0,15 мм). Представленный на рисунках 10,11 клинический пример отражает смещение линзы при медикаментозном миозе в передне-заднем направлении, что сопровождается уменьшением ГПК на 0,3 мм и (согласно ранее проведенным исследованиям) соответствует аккомодационному ответу в пределах 1,0 – 1,5 дптр.

Обсуждая результаты наблюдения контрольной группы пациентов, следует подчеркнуть, что существующие методы «прямой» оценки аккомодации по уровню применяемого оборудования можно достаточно условно разделить на три группы, основанные на применении простейших оптических средств (стандартный набор стекол, опто типы), позволяющих определять ближайшую точку ясного зрения и положительные (отрицательные) резервы аккомодации, либо на использовании приборного оборудования, определяющих в стандартных условиях ближайшую и дальнейшую точки ясного зрения (к примеру, аккомодометр «АКА-01»), либо позволяющих оценивать объем аккомодации в динамике (различные варианты глазных эргографов).

Таблица 4 – Результаты сравнительной оценки динамики ГПК в условиях медикаментозного миоза и мидриаза при различных типах ИОЛ

	Монофокальная ИОЛ	Аккомодирующая ИОЛ	p
Динамика ГПК, мм	$0,11 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,02$	$<0,001$

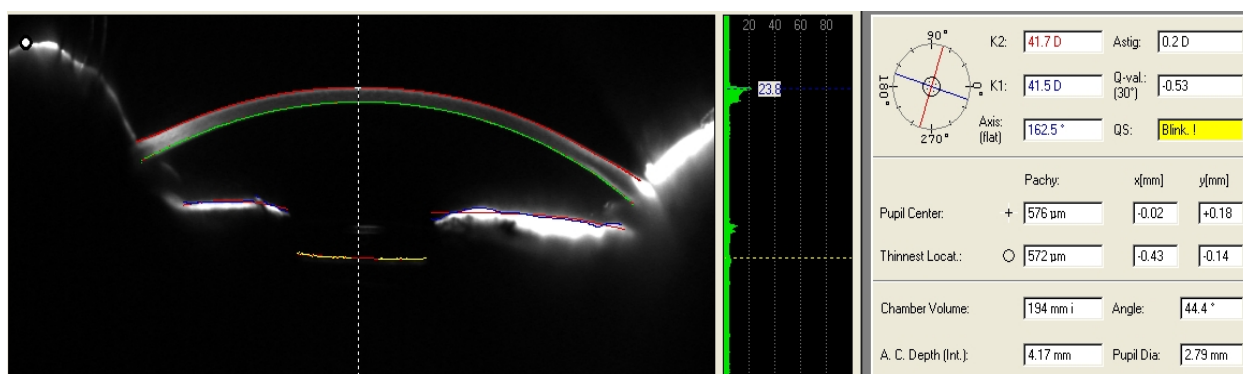


Рисунок 10 - Пациент К., 57 лет. Оптическое Шеймпфлуг сканирование переднего отрезка правого глаза на приборе Oculus Pentacam. Узкий зрачок (2,79 мм), смещение Crystallens кпереди на 0,3 мм, глубина передней камеры 4,17 мм

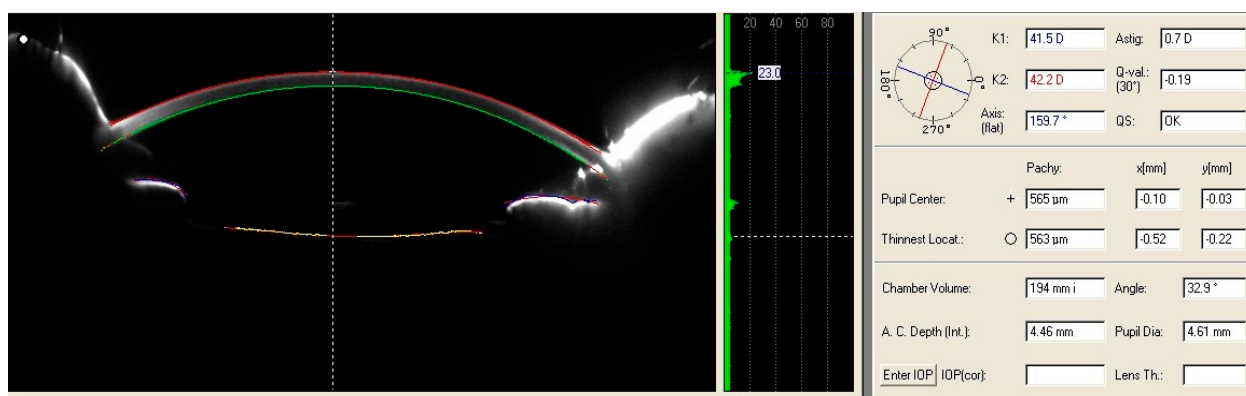


Рисунок 11 - Пациент К., 57 лет. Оптическое Шеймпфлуг сканирование переднего отрезка правого глаза на приборе Oculus Pentacam. Широкий зрачок (4,61 мм), глубина передней камеры – 4,46 мм

В этой связи важно подчеркнуть, что все изложенные методы являются субъективными, так как подразумевают активное участие пациента в процессе обследования, связанное с оценкой видимости предъявляемого тестового объекта [87]. Полученные нами данные свидетельствуют о малой информативности данных методов в контексте прогнозирования объективных показателей аккомодационного ответа на основе динамики ГПК глаза.

Обсуждая результаты второго направления исследования, следует отметить, что основным принципом действия АИОЛ может являться ряд факторов, связанных как с механизмом естественной аккомодации (перемещение вдоль оптической оси), так и явлением псевдоаккомодации (в центре оптической части имеется утолщение, увеличивающее глубину фокуса), что в целом является предметом дискуссионного обсуждения в литературе [10,21,60,77,79]. В частности, противники «мышечной» концепции аккомодации формулируют тезис о склерозе капсулы хрусталика в течение нескольких месяцев после факоэмульсификации, а также отводят базовую роль сферическим абберациям. Кроме того, необходимо учитывать, что напряжение аккомодации, при рассмотрении предметов на близком расстоянии, вызывает большие силовые воздействия на цилиарные структуры, чем просто состояние узкого зрачка и включает дополнительные составляющие механизмы акта аккомодации [111,172]. Сторонниками концепции представлены результаты ультразвуковой биомикроскопии и магнитно-резонансного сканирования, показавшие, что аксиальное смещение оптики ИОЛ, в ответ на сокращение цилиарной мышцы, приводит к ретроградному перераспределению основной массы мышцы, что, в свою очередь, приводит к повышению давления в стекловидном теле и одновременно понижению давления в передней камере и выталкиванию линзы вперед к радужке [24,138]. В тоже время, применительно к целевым установкам настоящей работы следует подчеркнуть выявленный факт собственно смещения как МИОЛ, так и особенно АИОЛ, что, по нашему мнению, определяет в качестве

ведущих факторов сократительную способность цилиарной мышцы глаза и собственно медико-технические характеристики ИОЛ.

Таким образом, результаты объективного исследования аккомодационного ответа (по динамике глубине передней камеры в условиях медикаментозного миоза и мидриаза) при монофокальных и аккомодирующих ИОЛ показали смещение линзы в передне-заднем направлении, существенно более выраженное применительно к аккомодирующим ИОЛ. Выявленная динамика связана с функционированием цилиарной мышцы глаза, что не может быть прогнозировано на основе традиционных субъективных методов оценки резервов аккомодации и требует объективных методов исследования, одним из которых может являться объективная аккомодография.

3.4. Результаты комплексной оценки объективных показателей аккомодационного ответа у пациентов после факэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ

Результаты исследования измерений передне-задней оси (ПЗО, мм) глаза, среднего радиуса роговицы (СРР, дптр) и глубины передней камеры (ГПК, мм) глаза (при узком зрачке без оптической нагрузки, при узком зрачке с оптической нагрузкой -3,0 дптр и в условиях циклоплегии без оптической нагрузки) на приборе «ИОЛ-Мастер» (оптическая нагрузка осуществлялась монокулярно с использованием очковой оправы и соответствующего стекла) при имплантации различных типов ИОЛ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования показателей в различных группах пациентов ($M \pm m$)

	ПЗО 1 мм	ПЗО 2 мм	ПЗО 3 мм	СРР 1 дптр	СРР 2 дптр	СРР 3 дптр	ГПК 1 мм	ГПК 2 мм	ГПК 3 мм	КАО отн. ед.	КМФ отн. ед.
МИОЛ	23,2 $\pm$ 0,03	23,3 $\pm$ 0,03	23,2 $\pm$ 0,03	44,5 $\pm$ 0,4	49,2 $\pm$ 0,4*	44,7 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1*	4,7 $\pm$ 0,1	0,03 $\pm$ 0,03	54,1 $\pm$ 0,9
МУИОЛ	23,5 $\pm$ 0,03	23,6 $\pm$ 0,03	23,5 $\pm$ 0,03	42,7 $\pm$ 0,4	47,7 $\pm$ 0,4*	42,5 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,1	4,2 $\pm$ 0,1*	4,5 $\pm$ 0,1	0,08 $\pm$ 0,02	45,8 $\pm$ 0,6**
АИОЛ	23,4 $\pm$ 0,03	23,4 $\pm$ 0,03	23,5 $\pm$ 0,03	43,6 $\pm$ 0,3	48,4 $\pm$ 0,3*	43,5 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 0,1	3,8 $\pm$ 0,1*	4,8 $\pm$ 0,1	0,10 $\pm$ 0,03	56,2 $\pm$ 0,8
КГ	23,7 $\pm$ 0,03	23,8 $\pm$ 0,03	23,7 $\pm$ 0,03	44,6 $\pm$ 0,4	49,6 $\pm$ 0,4*	44,4 $\pm$ 0,4	4,1 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1*	4,2 $\pm$ 0,1	0,04 $\pm$ 0,02	53,7 $\pm$ 1,2

Примечания: ПЗО, СРР, ГПК -1 – исследование при узком зрачке без оптической нагрузки;

ПЗО, СРР, ГПК-2 – исследование при узком зрачке с оптической нагрузкой;

ПЗО, СРР, ГПК -3 – исследование при циклоплегии без оптической нагрузки.

* - $p < 0,05$ при исследовании при узком зрачке с оптической нагрузкой по сравнению с другими исследованиями;

** - $p < 0,05$ применительно к МУИОЛ по сравнению с МИОЛ, АИОЛ и КГ;

МИОЛ – монофокальная ИОЛ;

МУИОЛ – мультифокальная ИОЛ;

АИОЛ – аккомодирующая ИОЛ;

КГ – контрольная группа.

Представленные в таблице 5 данные свидетельствуют, что кривизна роговицы усиливается при нагрузке аккомодации вне зависимости от типа артификации исключительно при нагрузке аккомодации. При параличе аккомодации (в условиях циклоплегии) значимых изменений показателя СРР не отмечается. Наиболее глубокая передняя камера глаза отмечается при широком зрачке (без аккомодации), она становится меньше при узком зрачке (то есть при добавлении аккомодации) и еще мельче при предъявлении оптической нагрузки (напряжении аккомодации), что может быть связано, по-видимому, либо с движением ИОЛ, либо с изменением кривизны роговицы. Показатель передне-задней оси глаза практически не изменяется при всех условиях обследования. Таким образом, представленные результаты указывают на статистически значимые изменения показателей СРР и ГПК в условиях предъявления оптической нагрузки, что указывает, с нашей точки зрения, на наличие аккомодации в артификачном глазу. При этом следует подчеркнуть, что полученные результаты, касающиеся динамики СРР, несколько превышают данные ранее проведенных исследований, рассматривающих изменение оптических характеристик роговицы в акте аккомодации, что может быть связано с наличием введенного в нашей работе дополнительного фактора (оптической нагрузки). В тоже время указанные различия не оказывают влияние на выполнение целевой установки работы, связанной со сравнительной оценкой различных типов ИОЛ.

Рассматривая полученные данные объективной аккомодографии, следует, в первую очередь, подчеркнуть практически отсутствие аккомодационного ответа у пациентов в контрольной группе и после имплантации МИОЛ. При этом средний по группе показатель КАО был выше у пациентов с МУИОЛ и, особенно, АИОЛ, хотя различия статистически недостоверны. Более выраженная динамика отмечается применительно к показателю КМФ, который был существенно ниже ($p < 0,05$) в группе пациентов с МУИОЛ по сравнению с остальными группами. В этой связи особенно важно подчеркнуть, что по абсолютному значению показатель КМФ в группе пациентов с МУИОЛ свидетельствовал об отсутствии

микрофлюктуаций аккомодации, что, по-нашему мнению, связано с общепризнанным фактом псевдоаккомодации при имплантации данного типа ИОЛ, основанных на оптических аберрациях, возникающих вследствие медико-технических параметров линзы. Данный тип линз обеспечивает псевдоаккомодационное зрение, т.е. комфортную зрительную работу пациентов как вдаль, так и вблизи, создавая на сетчатке несколько изображений. При этом не задействуются механизмы естественной аккомодации, и устраняется зависимость от остаточной функциональной активности цилиарной мышцы [105,127,131]. Исходя из целевых установок настоящей работы (оценка взаимосвязи естественной аккомодации и движения ИОЛ) дальнейший анализ показателей пациентов после имплантации МУИОЛ не выполнялся.

Приняв за основу исходное состояние микрофлюктуаций аккомодации пациента, нами в рамках следующего этапа работы была выполнена сравнительная оценка «дельтовых» (узкий зрачок с оптической нагрузкой - узкий зрачок без нагрузки) показателей в двух равнозначных по возрасту сформированных подгруппах пациентов, соответствующих наличию микрофлюктуаций (показатель КМФ более 53,0 отн.ед.) или отсутствию (показатель КМФ менее 53,0 отн.ед.). Результаты анализа представлены в таблице 6.

Представленные в таблице 6 данные свидетельствуют, что средний показатель «дельта» СРР по всех подгруппах увеличивался в равной степени вне зависимости от типа ИОЛ. Достоверность среднего показателя «дельта» ГПК в подгруппе 1 была статистически выше при всех типах ИОЛ и в контрольной группе. Наряду с этим, наиболее высокий показатель «дельта» ГПК и наиболее выраженная разница между подгруппами была выявлена применительно к аккомодирующим ИОЛ. Полученные данные иллюстрируются следующими клиническими примерами аккомодограмм (рисунки 12-17).

Таблица 6 – Динамика «дельтовых» (узкий зрачок с оптической нагрузкой - узкий зрачок без нагрузки-) показателей СРР и ГПК у пациентов контрольной группы и после имплантации МИОЛ и АИОЛ в зависимости от состояния микрофлюктуаций аккомодационной мышцы ($M \pm m$)

	Контрольная группа			Монофокальная ИОЛ			Аккомодирующая ИОЛ		
	КМФ, отн.ед.	Дельта СРР, дптр	Дельта ГПК, мм	КМФ, отн.ед.	Дельта СРР, дптр	Дельта ГПК, мм	КМФ, отн.ед.	Дельта СРР, дптр	Дельта ГПК, мм
КМФ= 53,0 и более (под-группа 1)	58,6 $\pm$ 1,4	5,1 $\pm$ 0,2	-0,59 $\pm$ 0,03	58,2 $\pm$ 1,5	4,8 $\pm$ 0,3	-0,24 $\pm$ 0,05	58,0 $\pm$ 1,6	4,9 $\pm$ 0,3	-0,54 $\pm$ 0,04 **
КМФ менее 53,0 (под-группа 2)	49,9 $\pm$ 1,4	5,0 $\pm$ 0,2	-0,18 $\pm$ 0,03*	48,6 $\pm$ 1,5	4,8 $\pm$ 0,3	-0,09 $\pm$ 0,05*	50,5 $\pm$ 1,6	4,8 $\pm$ 0,3	-0,11 $\pm$ 0,04*

Примечание: * - $p < 0,05$ между подгруппой 1 и 2; ** - $p < 0,05$ между показателем ГПК в группе АИОЛ по сравнению с МИОЛ и КГ

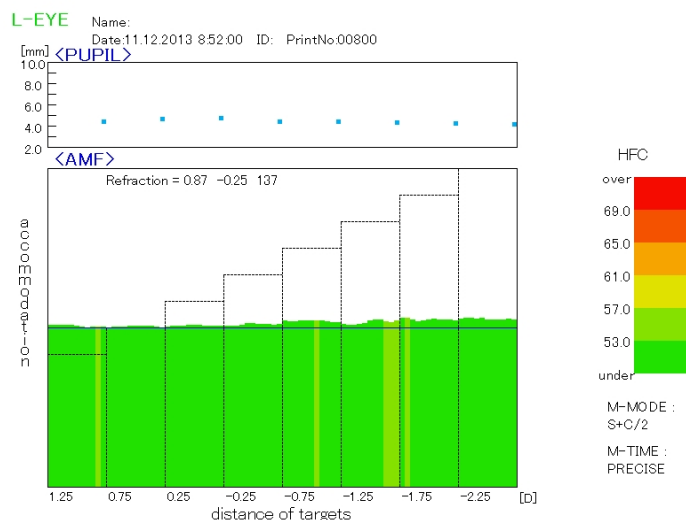


Рисунок 12 - Аккомодограмма пациента К-ко, 50 лет, левый глаз, контрольная группа, низкий показатель КМФ

Отмечается полное отсутствие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы) с отсутствием микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена исключительно зеленым цветом). КМФ=48,4; «дельта» СРР=5,4; «дельта» ГПК= -0,29.

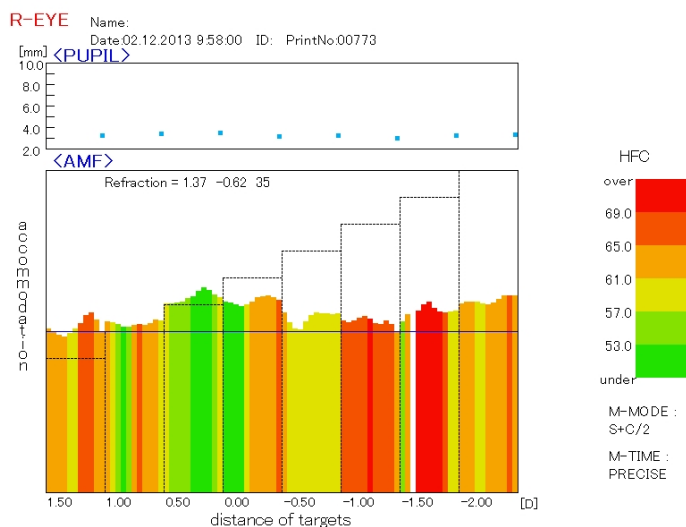


Рисунок 13 - Аккомодограмма пациента Ш-ва, 62 лет, контрольная группа, нормальный показатель КМФ.

Несмотря на возраст, отмечается наличие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы), палитра аккомодограммы представлена преимущественно желто-бурым цветом, что свидетельствует о наличии выраженных микрофлюктуаций аккомодации КМФ=60,6; «дельта» СРР=5,8; «дельта» ГПК= - 0,42.

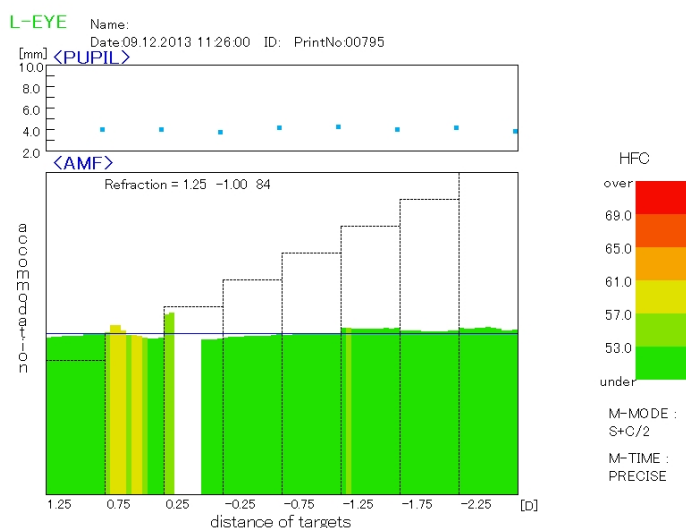


Рисунок 14 - Аккомодограмма пациента Ш-а, 58 лет, левый глаз, после имплантации монофокальных ИОЛ, низкий показатель КМФ

Отмечается полное отсутствие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы) с отсутствием микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена исключительно зеленым цветом). КМФ=43,9; «дельта» СРР=3,3; «дельта» ГПК= -0,22.

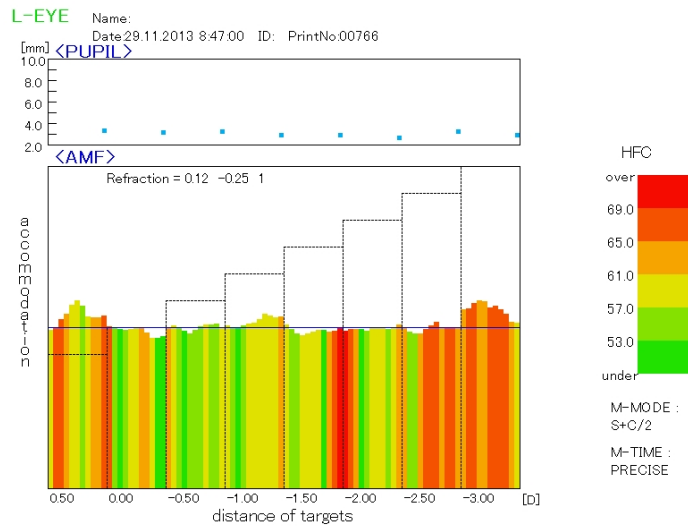


Рисунок 15 - Аккомодограмма пациента Б-на, 56 лет, после имплантации монофокальных ИОЛ, нормальный показатель КМФ.

Отмечается отсутствие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы), палитра аккомодограммы представлена преимущественно желто-зеленым цветом, что свидетельствует о наличии микрофлюктуаций аккомодации КМФ=59,9; «дельта» СРР=4,8; «дельта» ГПК= -0,32.

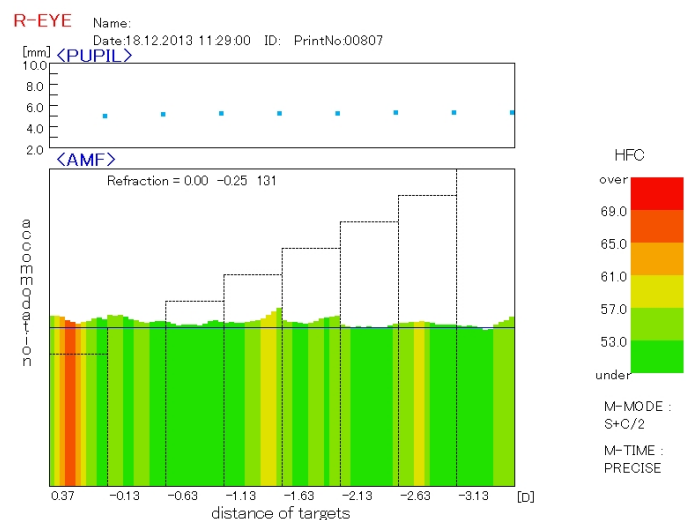


Рисунок 16- Аккомодограмма пациентки С-ой, 55 лет, правый глаз, после имплантации аккомодирующей ИОЛ, низкий показатель КМФ

Отмечается полное отсутствие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы) с практически отсутствием микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена преимущественно зеленым цветом с вкраплением коричневого). КМФ=51,8; «дельта» СРР=4,3; «дельта» ГПК= -0,12.

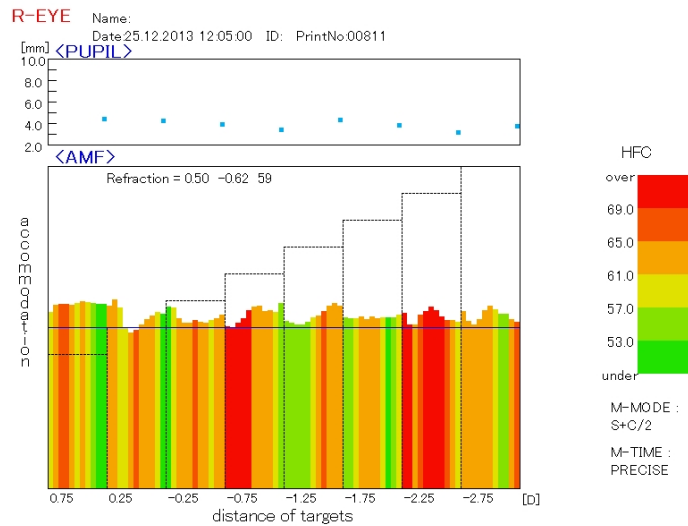


Рисунок 17 - Аккомодограмма пациента Ш-ва, 55 лет, после имплантации аккомодирующей ИОЛ, нормальный показатель КМФ.

Отмечается наличие незначительного аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы), палитра аккомодограммы представлена всем диапазоном цветов, что свидетельствует о четком наличии микрофлюктуаций аккомодации КМФ=58,8; «дельта» СРР=4,6; «дельта» ГПК= -0,47.

Обсуждая полученные результаты, следует, высказать три принципиальных положения. Во-первых, полученные данные подтвердили результаты, представленные в разделе 3.1., свидетельствующие о более позднем индивидуальном возникновении возрастных изменений аккомодации, что может быть связано, в частности, с наблюдаемым более поздним угасанием физиологических функций в целом. Характерным примером последнего является представленный рисунок 12. При этом следует подчеркнуть, что методика объективной аккомодографии позволяет оценить по аккомодационному ответу динамическую рефракцию глаза или, иными словами, истинную аккомодацию.

Второе положение связано с возможными механизмами аккомодации в артифакичном глазу. В этой связи следует еще раз подчеркнуть базовые положения «хрусталикового» механизма аккомодации, согласно которым для четкого видения расположенных на близком расстоянии предметов сокращается цилиарная мышца, происходит сужение зрачка, уменьшается глубина передней камеры, хрусталик смещается несколько кпереди и книзу, ослабевает натяжение

цинновых связок, уменьшается радиус кривизны передней и задней поверхностей хрусталика, что приводит к увеличению его преломляющей силы и усилению динамической рефракции. Возможно дополнительное участие принимают следующие сдвиги - увеличение аксиальной оси, удлинение отводящих и сокращение приводящих мышц, увеличение кривизны роговицы) [3]. Проведенные нами исследования у пациентов контрольной группы в целом подтвердили данное положение за исключением отсутствия динамики переднезадней оси глаза. Однако, более важно отметить, что динамика показателей СРР и ГПК в группах пациентов после имплантации монофокальных и аккомодирующих ИОЛ была в полном объеме сопоставима с контрольной группой, что подтверждает наличие аккомодационного ответа, связанного с линзой. При этом в случае мультифокальной коррекции афакии отмечаются сходные базовые показатели аккомодационного ответа (СРР, ГПК), однако полное отсутствие истинной аккомодации (что подтверждается параметрами КАО и КМФ) указывает на наличие в глазу псевдоаккомодационного эффекта.

Третье положение определяется ведущей ролью микрофлюктуаций аккомодации и взаимосвязью данного показателя преимущественно с динамикой глубины передней камеры глаза. По-нашему мнению, это свидетельствует о смещении интраокулярной линзы во время акта аккомодации вследствие сокращений цилиарной мышцы. Изложенное положение согласуется с концепцией, согласно которой аккомодирующие ИОЛ пропорционально реагируют на сокращение цилиарной мышцы. В этой связи следует подчеркнуть результаты ультразвукового исследования движения ИОЛ и сократительной активности цилиарной мышцы глаза через 1, 6, и 12 месяцев после операции с имплантацией монофокальных и аккомодирующих ИОЛ. Полученные данные свидетельствуют, что вне зависимости от типа имплантированной ИОЛ, при аккомодации во всех случаях был установлен ее сдвиг кпереди. При этом амплитуда сдвига взаимосвязана с типом ИОЛ и была наибольшей у аккомодирующих моделей [141]. Представленные нами результаты согласуются

с изложенными данными, в частности, в группе пациентов с МИОЛ при нормальном значении КМФ показатель «дельта» ГПК составлял -0,24 мм, применительно к аккомодирующим ИОЛ данный показатель составлял – 0,54 мм. Подтверждением данной концепции являются также представленные в разделе 3.3. результаты оптического Шеймпflug-сканирование переднего отрезка глаза, показавшее движение аккомодирующей линзы в передней камере при симуляции акта аккомодации в пределах $0,32 \pm 0,06$ мкм, также данные литературы, показавшие по результатам ультразвуковой биомикроскопии и магнитно-резонансного сканирования, что аксиальное смещение оптики ИОЛ в ответ на сокращение цилиарной мышцы вызывает ретроградное перераспределение основной массы мышцы, что, в свою очередь, приводит к повышению давления в стекловидном теле и одновременно понижению давления в передней камере и выталкиванию линзы вперед к радужке [112,138];

Таким образом, при наличии у пациента после имплантации монофокальных и аккомодирующих ИОЛ объективно регистрируемых микрофлюктуаций цилиарной мышцы глаза предъявление аккомодационного стимула приводит к физиологическому изменению показателей среднего радиуса роговицы (увеличение на 4,8-4,9 дптр) и глубины передней камеры глаза (уменьшение на 0,24-0,54 мм), в полном объеме сопоставимой с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения (5,1 дптр и 0,59 мм соответственно) и статистически значимо отличающихся по динамике глубины передней камеры у пациентов (в том числе контрольной группы) без наличия микрофлюктуаций (0,09;0,0,11;0,18 мм, соответственно, $p < 0,05$). Проведенные исследования указывают на наличие истинной аккомодации у пациентов после имплантации монофокальных и аккомодирующих ИОЛ, что подтверждается динамикой базовых параметров аккомодационного ответа (увеличение среднего радиуса роговицы и, следовательно, преломляющей силы роговицы, уменьшение глубины передней камеры глаза на предъявление оптического аккомодационного стимула), сопоставимой с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения.

Применение метода объективной аккомодографии доказывает (на основании сравнительного анализа уровня микрофлюктуаций аккомодационной мышцы и динамики глубины передней камеры глаза во время акта аккомодации) положение, согласно которому аккомодирующие ИОЛ и (в значительно меньшей степени монофокальные ИОЛ) пропорционально реагируют на сокращение цилиарной мышцы.

3.5. Результаты сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии

Результаты комплексного обследования клинических, функциональных и субъективных показателей зрительной системы пациентов при бинокулярной имплантации различных типов ИОЛ представлены в таблице 7.

Полученные данные свидетельствуют о том, что по показателю остроты зрения вдаль и вблизи статистически значимых различий между группами не отмечается. В то же время выявлены существенные различия ($p < 0,01$) между субъективным статусом пациентов после имплантации аккомодирующей ИОЛ и после имплантации однофокальной ИОЛ и мультифокальной ИОЛ, что проявилось в более высоких значениях при проведении обоих тестов: по опроснику VF-14 – на 10,8–13,6%, по опроснику ССЗ – на 22,7–29,2%).

Переходя к анализу результатов обследования с использованием аккомодографии, в первую очередь следует подчеркнуть, что применительно к имплантации всех типов ИОЛ у пациентов старше 60 лет не было выявлено аккомодационного ответа (типовой пример аккомодограммы представлен на рис. 18), в связи с этим результаты обследования данных пациентов (5, 4 и 5 человек из каждой группы соответственно) были исключены из математической обработки.

Таблица 7 - Результаты комплексного обследования клинических, функциональных и субъективных показателей зрительной системы у пациентов при бинокулярной имплантации различных типов ИОЛ ($M \pm m$)

Показатель	Монофо- кальная ИОЛ	Мульти- фокальная ИОЛ	Аккомо- дирующая ИОЛ
Острота зрения вдаль без коррекции, отн. ед.:			
среднее по двум глазам	$0,58 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,05$	$0,72 \pm 0,06$
среднее по лучшему глазу	$0,66 \pm 0,07$	$0,70 \pm 0,06$	$0,80 \pm 0,07$
Острота зрения вдаль с коррекцией, отн. ед.:			
среднее по двум глазам	$0,82 \pm 0,05$	$0,92 \pm 0,06$	$0,90 \pm 0,06$
среднее по лучшему глазу	$0,86 \pm 0,06$	$0,95 \pm 0,05$	$0,94 \pm 0,06$
Острота зрения вблизи без коррекции, отн. ед.:			
среднее по двум глазам	$0,38 \pm 0,06$	$0,48 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,06$
среднее по лучшему глазу	$0,45 \pm 0,05$	$0,52 \pm 0,05$	$0,38 \pm 0,06$
Острота зрения вблизи с коррекцией, отн. ед.:			
среднее по двум глазам	$0,65 \pm 0,06$	$0,72 \pm 0,06$	$0,60 \pm 0,06$
среднее по лучшему глазу	$0,75 \pm 0,05$	$0,78 \pm 0,06$	$0,70 \pm 0,05$
КАО, отн. ед.:			
среднее по двум глазам	$0,04 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
среднее по лучшему глазу	$0,04 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$	$0,8 \pm 0,01$

$\sigma_{\text{КАО}}$, ОТН. ЕД.			
среднее по двум глазам	$0,23 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01^*$
среднее по лучшему глазу	$0,22 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01^*$
КМФ, среднее по двум глазам, ОТН. ЕД.	$53,1 \pm 0,6$	$53,9 \pm 0,5$	$57,8 \pm 0,5^*$
$\sigma_{\text{КМФ}}$, ОТН. ЕД.:			
среднее по двум глазам	$9,6 \pm 0,4$	$10,2 \pm 0,4$	$7,7 \pm 0,5^*$
среднее по лучшему глазу	$6,8 \pm 0,4$	$7,8 \pm 0,4$	$4,1 \pm 0,4^*$
Результаты теста, средн. балл:			
VF-14	$8,1 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,1^{**}$
ССЗ	$2,4 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,1^{**}$
* $p < 0,05$. – ** $p < 0,01$.			

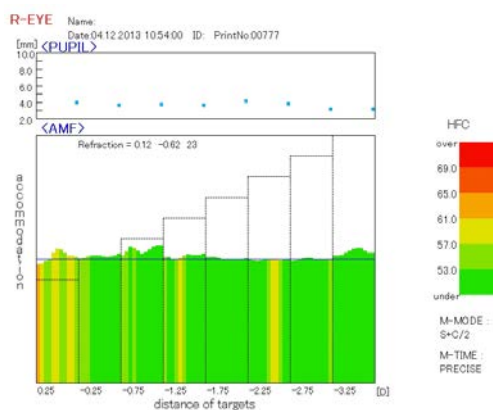


Рисунок 18 - Аккомодограмма пациента Ш-ко, 64 лет, левый глаз после имплантации мультифокальной ИОЛ. Отмечается полное отсутствие аккомодационного ответа (цветовые столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы). с минимальным уровнем микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена практически зеленым цветом).

Сравнительный анализ выявил, что показатели КАО и КМФ в группах после имплантации однофокальной ИОЛ и мультифокальной ИОЛ находились на минимальном уровне, при этом показатели $\sigma_{\text{КАО}}$ и $\sigma_{\text{КМФ}}$ был высокими, что в целом свидетельствует о низком уровне функционирования аккомодационной системы глаза. В группе пациентов после имплантации аккомодирующей ИОЛ отмечалось статистически значимое улучшение исследуемых показателей. Так, показатель КМФ был выше в среднем, на 7,2%-8,9% ($p < 0,05$), $\sigma_{\text{КМФ}}$ – на 24,7%-32,2% ($p < 0,05$), $\sigma_{\text{КАО}}$ – 29,4%-35,9% ($p < 0,05$), изложенные результаты иллюстрируются характерными клиническими примерами (рис. 19 и 20).

Обсуждая результаты, следует отметить, что в целом полученные нами данные подтверждает более высокие функциональные возможности аккомодирующих ИОЛ, что может проявляться проявляется в редких жалобах на оптические феномены, в высоких бинокулярных функциях вдаль и на среднем расстоянии при достаточно сопоставимых несколько сниженных показателях «ближнего» зрения [19]. Наряду с этим, необходимо отметить представленные в разделе 3.4. данные, свидетельствующие о четком аккомодационном ответе при применении аккомодирующих ИОЛ, что позволяет рассматривать сохранение аккомодационной возможности глаза как базовый элемент эффективности имплантации. С этих позиций выявленные статистически значимые различия в субъективном статусе пациентов после имплантации данного типа линз представляются достаточно логичными и закономерными.

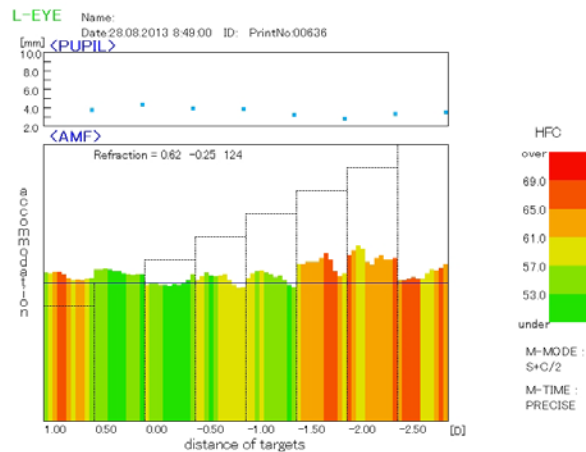


Рисунок 19 - Аккомодограмма пациента Б. (54 года): левый глаз после имплантации мультифокальной ИОЛ, отмечается наличие слабого аккомодационного ответа (цветные столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы) преимущественно при высокой оптической нагрузке с наличием определенных микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена различными оттенками желто-зеленого цвета)

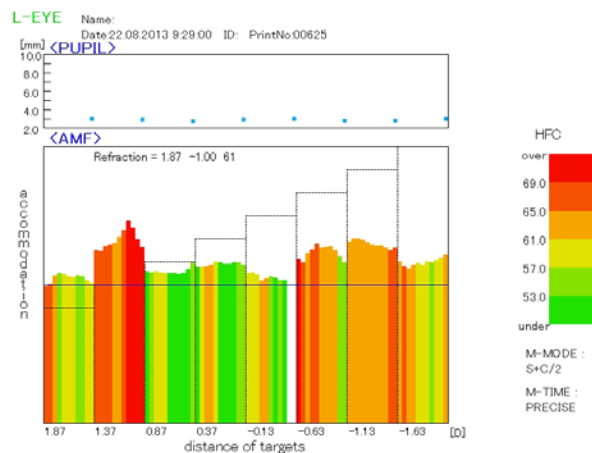


Рисунок 20 - Аккомодограмма пациента П. (55 лет): левый глаз после имплантации аккомодирующей ИОЛ, Отмечается наличие четкого аккомодационного ответа (цветные столбцы) в соответствии с предъявляемым стимулом (контурные столбцы) с наличием микрофлюктуаций аккомодации (палитра аккомодограммы представлена преимущественно коричнево-красными тонами)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время хирургия катаракты по качеству зрения, получаемого пациентом после факоэмульсификации катаракты, может относиться к рефракционному типу вмешательств, что связано с внедрением новых технологий офтальмохирургии и разработкой высококачественных интраокулярных линз (ИОЛ). При этом следует подчеркнуть, что интраокулярная коррекция афакии не имеет альтернативы, вследствие чего факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ является наиболее распространенной и социально-ориентированной операцией, направленной на сохранение и укрепление здоровья населения, продление периода активной трудовой деятельности, что в целом определяет целевые установки международной комплексной программы «Здоровье нации – 2020».

Необходимо подчеркнуть, что выбор конкретной ИОЛ определяется на основании индивидуального подхода, учитывающего анатомо-физиологические особенности глаза и характер зрительной работы пациента. В этой связи выполнен достаточно большой объем исследований, показавший, в частности, что каждый из применяемых типов линз (монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих) характеризуется, наряду с эффективностью, определенными недостатками, связанными, в первую очередь, с возможностями истинной аккомодации (или псевдоаккомодации) в послеоперационном периоде. В тоже время в литературе присутствуют противоречивые данные о механизмах и выраженности аккомодационного ответа в условиях применения аккомодирующих ИОЛ. Наряду с этим, присутствуют лишь единичные исследования, рассматривающие сравнительную эффективность применения различных типов ИОЛ для коррекции афакии после факоэмульсификации неосложненной катаракты с позиций функционального состояния аккомодационной системы глаза. В этой связи следует особо подчеркнуть, что в

настоящее время, наряду с традиционной оценкой аккомодации по параметрам объема и резервов, присутствует методика аккомодографии, позволяющая объективно, в режиме реального времени оценивать функциональное состояние цилиарной мышцы и аккомодационной системы глаза в целом.

Изложенные положения послужили основой для проведения настоящей работы, направленной на комплексную оценку функционального состояния аккомодационной системы глаза у пациентов после фактоэмульсификации неосложненной катаракты при имплантации различных типов ИОЛ.

Исследование выполнялось на базе кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства» и в центре микрохирургии глаза Медицинского частного учреждения «Поликлиника ОАО «Газпром», г.Москва в период 2012-2014 г.г. . Основным критерием включения пациентов в исследования явилась неосложненная катаракта различной степени зрелости, наличие бинокулярного зрения, отсутствие выраженных изменений со стороны зрительного нерва и сетчатки, острота зрения с максимальной коррекцией не ниже 0,3 при прозрачном хрусталике и ожидаемая острота зрения не ниже 0,3 при катаракте, высокая мотивация пациентов избавиться или снизить зависимость от очковой коррекции на дальнем, среднем и близком расстояниях, отсутствие у пациентов тяжелых общесоматических заболеваний, а также (применительно к первой серии исследований) – отсутствие патологии со стороны органа зрения. Критериями исключения пациентов из исследования явилось наличие у пациента в анамнезе травмы глаза, воспалительных заболеваний переднего и (или) заднего отрезков глаза, наличие каких-либо осложнений после проведения фактоэмульсификации катаракты. Всего обследовано 268 пациентов (416 глаз) в рамках основной (хирургической) группы и 176 пациентов (352 глаза) в рамках контрольной группы. В процессе работы выполнено четыре серии клинических исследований.

Первая серия была направлена на исследование объективных показателей аккомодационной способности глаза у пациентов пресбиопического возраста без патологии органа зрения и оценку взаимосвязи между параметрами объективной аккомодографии и традиционными показателями обследования аккомодации. Вторая серия исследований была направлена на оценку выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от состояния аккомодации пациента. Третья серия исследований была направлена на проведение комплексной оценки объективных показателей аккомодационного ответа у пациентов после факоэмульсификации катаракты с имплантацией монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ. Четвертая серия исследований была выполнена в целях проведения сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ в зависимости от клинических показателей и параметров объективной аккомодографии.

Факоэмульсификация катаракты выполнялась в условиях специализированной офтальмологической операционной Центра микрохирургии глаза Поликлиники ОАО «Газпром» с использованием операционного микроскопа «Visu-200» (Carl Zeiss, Германия) и ультразвуковых факоэмульсификаторов моделей Millennium (Baush&Lomb, США) и Infiniti Vision System OZil (Alcon, США). Операции выполнялись двумя хирургами (д.м.н., профессором Антонюком С.В. и д.м.н.Беликовой Е.И.) по стандартной методике, при этом для раскола и удаления ядра применялась техника «phaco chop». В процессе факоэмульсификации катаракты имплантировались следующие виды ИОЛ:

- монофокальная ИОЛ - моноблочная гибкая акриловая заднекамерная линза AcrySof® IQ модель SN60WF;
- мультифокальная ИОЛ - аподизированная дифракционная асферическая ИОЛ AcrySof® IQ ReSTOR;
- аккомодирующая ИОЛ - Crystalens HD500.

Методика обследования пациентов включала в себя:

- оценку базовых клинических показателей (остроты зрения для дали, близи и других) с учетом оценки объективных параметров аккомодационного ответа на основе оптической биометрии на системе ZEISS IOL Master с измерений передне-задней оси глаза, среднего радиуса роговицы и глубины передней камеры глаза при узком зрачке без оптической нагрузки, при узком зрачке с оптической нагрузкой -3,0 дптр и в условиях циклоплегии без оптической нагрузки);
- измерение традиционных показателей аккомодации (резерв, объем) с использованием набора стекол и текста № 4 таблицы Д.А. Сивцева для исследования остроты зрения вблизи, а также с помощью аккомодометра «АКА-01»;
- субъективное тестирование с использованием специальных опросников («VF-14» и «Субъективное состояние зрения», оценивающих «качество жизни» после операции.
- исследование объективных показателей аккомодации.

Применительно к последнему положению следует подчеркнуть, что в качестве отдельного и нового направления исследования применялась методика аккомодографии, позволяющая объективно в режиме реального времени оценивать работоспособность цилиарной мышцы глаза и состояние аккомодационной системы в целом на основе расчета специальных коэффициентов аккомодационного ответа и микрофлюктуаций аккомодации.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась на основе применения стандартных параметрических методов оценки среднего и ошибки среднего значения показателя, а также критерия Стьюдента. Кроме того, для статистического анализа связей между переменными использовались непараметрические коэффициенты корреляций Спирмена, Гамма и Кендалла.

Результаты исследования аккомодационной способности глаза на основе применения метода объективной аккомодографии у пациентов пресбиопического возраста без патологии органа зрения показали, что в возрастных группах 40-45;46-50;51-55 и 56-60 лет аккомодационный ответ отмечался в 76%;49%;17% и 8% случаев, наличие микрофлюктуаций аккомодационной мышцы выявлено в 86%;58%;46% и 21% случаев соответственно. Полученные в настоящей работе данные указывают на более поздние возрастные изменения аккомодации по сравнению с ранее проведенными исследованиями, что может быть связано, в частности, с наблюдаемым в настоящее время более поздним угасанием физиологических функций. При этом следует подчеркнуть, что методика объективной аккомодографии позволяет оценить по аккомодационному ответу динамическую рефракцию глаза или, иными словами, истинную аккомодацию. Наряду с этим, необходимо отметить, что согласно специально проведенному анализу результатов, традиционное субъективное исследование аккомодационной функции глаза по показателям объема и резерва аккомодации практически не отражает аккомодационное смещение хрусталика, что подтверждается низким коэффициентом корреляции с показателями аккомодографии и динамикой глубины передней камеры в условиях медикаментозного миоза и мидриаза как объективными параметрами аккомодационного ответа.

Результаты оценки выраженности аккомодационного смещения монофокальных и аккомодирующих ИОЛ показали наличия собственно смещения при обоих типах линз. В тоже время полученные данные свидетельствуют о выраженных, статистически значимых (в среднем, на 0,22 мм) различиях между динамикой глубины передней камеры при аккомодирующих ИОЛ (диапазон от 0,22 до 0,45 мм) по сравнению с монофокальной ИОЛ (диапазон от 0,07 до 0,15 мм).

Результаты исследования измерений объективных показателей аккомодационного ответа при имплантации различных типов ИОЛ показали, что показатель передне-задней оси глаза практически не изменяется при всех условиях обследования. Величина среднего радиуса роговицы во время

аккомодационного ответа имела четкую тенденцию к увеличению на 4,8-5,1мм также практически во всех исследуемых случаях. Наиболее информативным объективным признаком, отражающим собственно процесс аккомодации, являлось физиологическое уменьшение глубины передней камеры глаза, исследуемое исследование при узком зрачке с оптической нагрузкой по сравнению с циклоплегией.

Рассматривая полученные данные объективной аккомодографии, следует, в первую очередь, подчеркнуть практически отсутствие микрофлюктуаций аккомодации в группе пациентов с мультифокальными ИОЛ, что, по-нашему мнению, связано с общепризнанным фактом псевдоаккомодации при имплантации данного типа ИОЛ, основанных на оптических аберрациях, возникающих вследствие медико-технических параметров линзы. При этом согласно литературным данным не задействуются механизмы естественной аккомодации, и устраняется зависимость от остаточной функциональной активности цилиарной мышцы. Исходя из целевых установок настоящей работы (оценка взаимосвязи естественной аккомодации и движения ИОЛ) дальнейший анализ показателей пациентов после имплантации мультифокальных линз не выполнялся.

Приняв за основу исходное состояние микрофлюктуаций аккомодации пациента, нами в рамках следующего этапа работы была выполнена сравнительная оценка «дельтовых» (узкий зрачок с оптической нагрузкой - циклоплегия) показателей в двух равнозначных по возрасту сформированных подгруппах пациентов, соответствующих наличию микрофлюктуаций (показатель коэффициента микрофлюктуаций более 53,0 отн.ед.) или отсутствию (показатель менее 53,0 отн.ед.). Результаты анализа достаточно убедительно показали, что при наличии регистрируемых микрофлюктуаций аккомодационной мышцы глаза физиологические изменения глубины передней камеры глаза (уменьшение на 0,24-0,54 мм) у пациентов с имплантацией монофокальных и аккомодирующих ИОЛ сопоставимы с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения

(0,59 мм) и существенно отличаются от пациентов (в том числе контрольной) без наличия микрофлюктуаций (0,09;0,11;0,18 мм, соответственно).

Обсуждая полученные результаты, следует подчеркнуть, что в литературе присутствуют противоречивые данные о механизмах и выраженности аккомодационного ответа в условиях применения аккомодирующих ИОЛ. По мнению ряда авторов, амплитуда смещения оптики данной ИОЛ вдоль передне-задней оси является ее наиболее важной характеристикой, обеспечивающей высокие функциональные результаты, непосредственно связанные с сокращением цилиарной мышцы глаза. Согласно другой точке зрения, хорошее зрение вблизи у пациентов с аккомодирующей ИОЛ связано с особенностями оптики данной линзы и обеспечивается увеличением глубины фокуса или сферическими аберрациями. Полученные в настоящей работе данные свидетельствуют о смещении интраокулярной линзы во время акта аккомодации вследствие сокращений цилиарной мышцы. При этом вне зависимости от типа (монофокальная, аккомодирующая) имплантированной ИОЛ, при аккомодации во всех случаях был установлен ее сдвиг кпереди, наибольшей у аккомодирующей модели. В заключение данного (и основного) раздела работы следует отметить, что проведенные исследования указывают на наличие истинной аккомодации у пациентов после имплантации монофокальных и аккомодирующих ИОЛ. Применение метода объективной аккомодографии доказывает (на основании сравнительного анализа уровня микрофлюктуаций аккомодационной мышцы и динамики глубины передней камеры глаза во время акта аккомодации) положение, согласно которому аккомодирующие ИОЛ и (в значительно меньшей степени монофокальные ИОЛ) пропорционально реагируют на сокращение цилиарной мышцы.

Результаты сравнительной оценки субъективного статуса пациента после бинокулярной имплантации различных типов ИОЛ показала наиболее высокий уровень применительно к аккомодирующим ИОЛ, что подтверждается высокими значениями по опросникам «VF-14» (на 10,8%–13,6%), «Субъективное состояние

зрения» (на 22,7%–29,2%) и непосредственно связано с улучшением параметров объективной аккомодографии (коэффициента микрофлюктуаций - на 7,2%-8,9%), величины разброса коэффициентов микрофлюктуаций и аккомодационного ответа - на 24,7%-32,2% и 29,4%-35,9%) при отсутствии статистически значимых различий в показателях достигнутой остроты зрения.

Полученные нами данные подтверждает более высокие функциональные возможности аккомодирующих ИОЛ, что согласно ранее проведенным исследованиям может проявляться в редких жалобах на оптические феномены, в высоких бинокулярных функциях вдаль и на среднем расстоянии при достаточно сопоставимых несколько сниженных показателях «ближнего» зрения. В тоже время представленные ранее результаты, свидетельствующие о четком аккомодационном ответе при применении аккомодирующих ИОЛ, позволяет рассматривать сохранение аккомодационной возможности глаза как базовый элемент эффективности имплантации. С этих позиций выявленные статистически значимые различия в субъективном статусе пациентов после имплантации данного типа линз представляются достаточно логичными и закономерными.

В заключение следует подчеркнуть, что согласно результатам настоящей работы при планировании имплантации пациенту после факоэмульсификации катаракты монофокальных и, особенно, аккомодирующих ИОЛ целесообразно, наряду с традиционными факторами (анатомо-физиологические особенности глаза, сопутствующая патология со стороны органа зрения, характер зрительной работы) учитывать уровень микрофлюктуаций аккомодационной мышцы глаза, регистрируемых на основе методики объективной аккомодографии, при этом в прогностическом плане наиболее эффективная коррекция будет отмечаться при исходном коэффициенте микрофлюктуаций 53,0 отн.ед и более.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования аккомодационной способности глаза на основе применения метода объективной аккомодографии у пациентов пресбиопического возраста без патологии органа зрения показали, что в возрастных группах 40-45;46-50;51-55 и 56-60 лет аккомодационный ответ отмечался в 76%;49%;17% и 8% случаев, наличие микрофлюктуаций аккомодационной мышцы выявлено в 86%;58%;46% и 21% случаев соответственно.
2. Результаты оценки (методом оптического Шеймпflug-сканирования переднего отрезка глаза) смещения интраокулярной линзы (в условиях медикаментозного миоза и мидриаза) по состоянию глубины передней камеры глаза (ГПК) свидетельствуют о выраженных, статистически значимых (в среднем, на 0,22 мм, $p < 0,001$) различиях между динамикой ГПК при аккомодирующих ИОЛ (Crystalens HD500, диапазон от 0,22 до 0,45 мм) по сравнению с монофокальной ИОЛ (AcrySof® IQ модель SN60WF, диапазон от 0,07 до 0,15 мм).
3. Комплексная оценка объективных показателей аккомодационного ответа свидетельствует, что при наличии регистрируемых микрофлюктуаций аккомодационной мышцы глаза (величина коэффициента микрофлюктуаций 53,0 и более отн.ед.) физиологические изменения глубины передней камеры глаза (уменьшение на 0,24-0,54 мм) у пациентов с имплантацией монофокальных и аккомодирующих ИОЛ сопоставимы с контрольной группой пациентов без патологии органа зрения (0,59 мм) и существенно отличаются от пациентов (в том числе контрольной группы без наличия микрофлюктуаций (0,09;0,0,11;0,18 мм, соответственно, $p < 0,05$), при этом показатель среднего радиуса роговицы во всех случаях имел сходную динамику (увеличение на 4,8-5,1мм).

4. Сравнительная оценка субъективного статуса пациента после имплантации монофокальных, мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ показала наиболее высокий уровень применительно к аккомодирующим ИОЛ, что подтверждается высокими значениями по опросникам «VF-14» (на 10,8%–13,6%, $p < 0,05$), «Субъективное состояние зрения» (на 22,7%–29,2%, $p < 0,05$) и непосредственно связано с улучшением параметров объективной аккомодографии (коэффициента микрофлюктуаций - на 7,2%-8,9%, $p < 0,05$, величины разброса коэффициентов микрофлюктуаций и аккомодационного ответа - на 24,7%-32,2% и 29,4%-35,9%, $p < 0,05$) при отсутствии статистически значимых различий в показателях достигнутой остроты зрения.

5. Традиционное субъективное исследование аккомодационной функции глаза по показателям объема и резерва аккомодации практически не отражает аккомодационное смещение хрусталика, что подтверждается низким коэффициентом корреляции с показателями аккомодографии и динамикой глубины передней камеры в условиях медикаментозного миоза и мидриаза как объективными параметрами аккомодационного ответа.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании имплантации пациенту после факоэмульсификации катаракты монофокальных и, особенно, аккомодирующих ИОЛ целесообразно, наряду с традиционными факторами (анатомо-физиологические особенности глаза, сопутствующая патология со стороны органа зрения, характер зрительной работы) учитывать уровень микрофлюктуаций аккомодационной мышцы глаза, регистрируемых на основе методики объективной аккомодографии, при этом в прогностическом плане наиболее эффективная коррекция будет отмечаться при исходном коэффициенте микрофлюктуаций 53,0 отн.ед и более.
2. При наличии у пациента в рамках проведения объективной аккомодографии величины коэффициента микрофлюктуаций менее 53,0 отн.ед. следует, в первую очередь, планировать мультифокальную коррекцию афакии. При наличии более высоких показателей микрофлюктуаций аккомодационной мышцы следует рассмотреть имплантацию монофокальных или аккомодирующих ИОЛ.
3. Традиционное субъективное исследование аккомодационной функции глаза по показателям объема и резерва аккомодации практически не отражает аккомодационное смещение хрусталика и не может быть рекомендовано для оценки возможности прогнозирования эффективности интраокулярной коррекции после факоэмульсификации катаракты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азербайев, Т.Э. Комплексная оценка отдаленных результатов хирургической коррекции близорукости методами ФРК и ЛАСИК: автореферат дис. ... канд. мед.наук / Т.Э. Азербайев. – М., 2003. – 19 с.
2. Азнабаев, Б.М. Ультразвуковая хирургия катаракты / Б.М. Азнабаев//Факоэмульсификация. - М.: Август Бор, -2005.-С.136.
3. Аккомодация: Руководство для врачей / под ред. Л.А. Катаргиной. М.: Апрель, 2012. 136с.
4. Алиев А.-Г.Д., Исследование феномена псевдоаккомодации при интраокулярной коррекции афакии / А.-Г.Д.Алиев, М.И. Исмаилов //Офтальмохирургия. – 1999-. № 4. - С. 38-42.
5. Анисимов С.И., Шестилетний опыт хирургии катаракты и глаукомы в домашних условиях / С.И.Анисимов, Л.В. Загребельная. // 8-й Съезд офтальмологов России. М.,- 2005.- С.60.
6. Анисимова, С.Ю. Факоэмульсификация и сравнительный анализ применения различных ИОЛ при сочетании катаракты и глаукомы / С.Ю.Анисимова, С.И.Анисимов, Л.В.Загребельная.// Современные технологии хирургии катаракты. М.,-2004. –С.41-49.
7. Анисимова С.Ю., Клинический опыт имплантации мультифокальной дифракционной интраокулярной линзы AcrySof ReSTOR при осложненных катарактах и сопутствующей глазной патологии /С.Ю.Анисимова,С.И.Анисимов, Л.В.Загребельная, и др.// Офтальмохирургия. -2008.- .№2.-С.18-22.
8. Анисимова, С.Ю., Функциональные результаты имплантации мультифокальных интраокулярных линз и методы коррекции полученной аметропии /С.Ю.Анисимова, С.И.Анисимов, Л. В. Загребельная и др.// Современные технологии хирургии катаракты. –М., 2009.-С.17-22.

9. Анисимова, С.Ю. Алгоритм выбора метода итраокулярной коррекции афакии с учетом сопутствующей пресбиопии и астигматизма /С.Ю.Анисимова, С.И.Анисимов, Л.В. Загребельная. // Современные технологии хирургии катаракты.–М., 2010.-С.24-30.
10. Анисимова, С.Ю. Отбор пациентов на имплантацию интраокулярной линзы CrystalensHD. /С.Ю.Анисимова, С.И.Анисимов, Л.В. Загребельная//Новое в офтальмологии. - 2010.-№2.-Прилож.-С. 7–9.
11. Антонюк С.В., Зрительная реабилитация работников газовой отрасли путем имплантации псевдоаккомодирующих интраокулярных линз при хирургии катаракты/ С.В. Антонюк, Е.И. Беликова, И.А. Бугаенко. // Формирование и развитие медицинской помощи в лечебных учреждениях системы здравоохранения ОАО «Газпром». - М., 2010. – С. 148-149.
12. Балашевич, Л.И. Оптические aberrации глаза: Диагностика и коррекция // Окулист. — 2001. - № 6. - С. 12-15.
13. Балашевич, Л.И. Рефракционная хирургия / Л.И. Балашевич.– Спб.: Издательский дом СПбМАПО, 2002. – 238 с.
14. Балашевич Л.И. Первый опыт клинического применения мультифокальных интраокулярных линз AcrySofReSTOR / Л.И. Балашевич, Ю.В. Тахтаев // Офтальмохирургия. – 2004. - № 3. – С. 18-21.
15. Балашевич, Л.И.Аберрометрические исследования при артификации. /Л.И. Балашевич, А.Б. Качанов, Ю.В. Тахтаев.//Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. -М., 2005.-С 334-335.
16. Балашевич, Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации /Л.И. Балашевич – СПб.: Человек, 2009. – 296 с.
17. Беликова, Е.И. Биоптическое хирургическое лечение пресбиопии у пациентов с катарактой на фоне аномалий рефракции высоких степеней /Е.И.Беликова, С.В.Антонюк, С.А. Кочергин//Офтальмохирургия.-2010.-№3. – С. 4-9.

18. Беликова, Е.И. Коррекция пресбиопии мультизональным ЛАСИК с периферической зоной для близости /Е.И. Беликова // Катарактальная и рефракционная хирургия.- 2011.-Т.11, №4.- С. 18-21.
19. 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.
20. [Беликова, Е.]Belikova E., Crystalens HD implantation in patients with presbyopia and accompanying eye pathology /E. Belikova, S. Antoniouk// 29th Congress of the ESCRS: Free Paper – Vienna, 2011. – P. 97.
21. Беликова, Е.И. Коррекция пресбиопии с использованием аккомодирующей интраокулярной линзы /Е.И. Беликова// Вестник офтальмологии. – 2012.-№1. –С. 23–26.
22. Беликова, Е.И. Профилактика осложнений ЛАСИК у пациентов среднего и пожилого возраста /Е.И. Беликова // Катарактальная и рефракционная хирургия.- 2012.- Т.12, №1.- С. 21-23.
23. Бикбов, М.М. Изменение контрастной чувствительности в результате коррекции гиперметропическойанизометропии высокой степен у детей методом рефракционной лenseктомии с имплантацией ИОЛ / М.М. Бикбов, А.А. Бикбулатова // Материалы юбилейной конференции «Федоровские чтения – 2007».М.: Б.И., – 150 с.
24. Гусев, Ю.А. Анализ результатов имплантации ИОЛ CrystalensHD, исследование ее экскурсий /Ю.А. Гусев// Новое в офтальмологии. - 2010.-№2.- Прилож. - С.9-14.
25. Егорова, А.В. Препарат Ирифрин 2,5% в терапии компьютерного зрительного синдрома / А.В. Егорова, Е.С. Мыкольников // Русский медицинский журнал. -2009.-Т.1, №1.- С. 30-32.
26. Емельянов, Г.А. Аккомодационная функция глаза как индикатор уровня психологической адаптации пациентов зрительно-напряженного труда / Г.А.Емельянов // 5-й Российский общенациональный офтальмологический форум

(сборник научных трудов научно-практической конференции с международным участием).-М, 2012.-Т.2.-С.686-687.

27. Емельянов, Г.А., Восстановительная коррекция аккомодационно-рефракционных нарушений у военных специалистов-операторов зрительно-напряженного труда с близорукостью /Г.А. Емельянов, С.Ю Щукин // Военно-медицинский журнал. 2012. Т. 133, № 5.- С. 24-28.

28. Емельянов, Г.А., Динамика объективных показателей аккомодации у лиц без патологии органа зрения в процессе зрительно-напряженного труда/ Г.А. Емельянов, Ю.А. Гусев, С.Г. Капкова//Инновационные технологии в офтальмологической практике регионов. Астрахань, 2012.-С. 62-63.

29. Емельянов, Г.А. Клинико-функциональные особенности спазма аккомодации в восстановительной медицине / Г.А.Емельянов, А.В.Шакула // Перспективы развития санаторно-курортной помощи и реабилитации в Сибирском регионе (материалы межрегиональной научно-практической конференции).-Белокуриха, 2012.-С.95-96.

30. Емельянов, Г.А. Клинико-функциональные проявления психологической дезадаптации у человека-оператора зрительно-напряженного труда /Г.А.Емельянов // Военно-медицинский журнал.-2013.-Т.334,№9.-С.71-73.

31. Емельянов, Г.А. Синдром хронической усталости у пациентов зрительно-напряженного труда с позиций нарушения аккомодации/Г.А. Емельянов// Современный опыт работы и перспективы развития санаторно-курортных учреждений Минобороны России (сборник материалов научно-практической конференции).Архангельское, 2013.-С.127-128.

32. Жаров, В.В. Синдром хронического зрительного утомления и дезадаптационная близорукость /В.В. Жаров, А.Н.Лялин, Л.В. Конькова// Проблема офтальмологии. -2006.- №1. – С.52-55.

33. Жаров, В.В. Клиническая оценка состояние аккомодации с помощью метода компьютерной аккомодографии / В.В. Жаров // Ерошевские чтения: Тез.докладов. Самара, 2007. – С.437–440.

34. Жаров, В.В. Состояние аккомодационной функции у компьютеропользователей трудоспособного возраста с различными видами рефракции, осложненными астигматизмом, по результатам компьютерной аккомодометрии / В.В. Жаров, А.В. Егорова, Е.С. Мыкольников // Научно-практическая конференция «Восток-запад» с международным участием. Уфа, 2012.- С.94-95.
35. Загребельная, Л.В. Результаты имплантации мультифокальной дифракционной интраокулярной линзы «AcrySofReSTOR» при осложненных катарактах, после кераторефракционных операций и для коррекции аметропии /Л.В. Загребельная, С.Ю. Анисимова// 9й съезд офтальмологов России,- М., 2010.- С.204.
36. Ивашина, А.И., Зрительные функции у пациентов с гиперметропией после имплантации положительной ИОЛ в факичный глаз/ А.И. Ивашина, М.А.Руднева, В.В. Агафонова и др. // Офтальмохирургия. - 2000. - № 3. - С. 23-31.
37. Ивашина, А.И. Опыт рефракционной лентэктомии при миопии и гиперметропии высокой степени / А.И. Ивашина, В.В. Агафонова, Е.Н. Пантелеев // Современные технологии хирургии катаракты. - М., 2003. – С. 121-126.
38. Иомдина, Е.Н. Биомеханические исследования глаза и их значение для практической офтальмологии. /Е.Н. Иомдина//Биомеханика глаза. – М., -2001.- С. 18-21.
39. Колесников, А.В. Первый опыт имплантации псевдоаккомодирующих интраокулярных линз AcrysofReSTORAspheric / А.В. Колесников, В.Г. Васильев, А.Г. Захарова// Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. – М., 2009. – С. 119-123.
40. Коновалов, М.Е. Возможность кераторефракционной хирургии при сверхвысокой миопии (предварительное сообщение) / М.Е. Коновалов, С.В. Милова // Науч.-практ. конфер. «Федоровские чтения-2002». – М., 2002. – С. 205-207.

41. Коновалов, М.Е. Клинические результаты рефракционной лenseктомии с имплантацией мультифокальной ИОЛ ReSTOR для коррекции аметропии у пациентов старшего возраста / М.Е. Коновалов, М.Л. Зенина, С.В. Милова // Актуальные проблемы офтальмологии. – М., 2006. – С. 43–46.
42. Либман, Е.С. Медико-социальные проблемы в офтальмологии / Е.С. Либман// 9 съезд офтальмологов России. – М., 2010. –С. 70-71
43. Малюгин, Б.Э. Исторические аспекты и современное состояние проблемы мультифокальной интраокулярной коррекции / Б.Э. Малюгин, Т.А. Морозова // Офтальмохирургия. – 2004. – № 3. – С. 23-29.
44. Малюгин, Б.Э. Состояние зрительных функций после имплантации ИОЛ Crystalens HD 500 /Б.Э. Малюгин, К.Б. Першин, Э.В. Егорова и др.// Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии, М., -2010. - С. 164-168.
45. Малюгин, Б.Э. Хирургия катаракты и интраокулярная коррекция: итоги и перспективы / Б.Э. Малюгин // 9й съезд офтальмологов России. – М., 2010. – С. 192–195.
46. Малюгин, Б.Э. Сравнительный анализ клинической эффективности имплантации сферических и асферических ИОЛ / Б.Э. Малюгин, А.В. Терещенко, Ю.А. Белый// Офтальмохирургия.- 2011.-№ 3. – С. 27-32
47. Малюгин, Б.Э. Сравнительная характеристика зрительных функций и данных aberрометрии у пациентов со сферической, асферической и аккомодирующей моделями ИОЛ / Б.Э. Малюгин, М.А. Исаев, А.В. Головин и др. Офтальмохирургия.- 2012.-№ 1. – С. 46-52.
48. Марченко, И.Ю. Изменение основных параметров глаза человека при аккомодации /И.Ю. Марченко, Л.В. Степанова, Г.М. Сычев Г.В Биомеханика глаза. – М., 2005. – с. 58-60.
49. Минеева, Л.А., К вопросу об участии роговицы в аккомодации глаза человека /Л.А.Минеева, В.В. Страхов , Д.В. Кузнецов //Биомеханика глаза. – М., 2005. – с. 60-62.

50. Минеева, Л.А. Топография роговицы у пресбиопов при различных способах очковой коррекции для близи. /Л.А. Минеева// Офтальмология.- 2006.-Т 3, № 2.-С. 51-55.
51. Овечкин, И.Г., Исследование динамики функционального состояния сенсорного отдела зрительного анализатора в процессе профессиональной деятельности на персональном компьютере/ И.Г. Овечкин, В.Н. Трубилин, Н.Р. Рагимова// Офтальмология.-2010.-Т.7,№4.-С.32-35.
52. Овечкин, И.Г. Научное обоснование комплексной коррекции компьютерного зрительного синдрома в соответствии с базовыми положениями концепции «охраны здоровья здоровых» в Российской Федерации /И.Г. Овечкин, В.Н. Трубилин, Н.Р.Рагимова// Вестник восстановительной медицины .-2010.-№6.-С.2-4.
53. Овечкин И.Г. Перспективы применения объективной аккомодометрии в рамках восстановительной медицины и офтальмологии. /И.Г. Овечкин// Вестник медицинского стоматологического института. -2012.- №2. –С.37-39.
54. Овечкин, И.Г. Клинический случай острого нарушения аккомодации психосоматического генеза / И.Г. Овечкин, А.В. Шакула, Г.А.Емельянов// Катарактальная и рефракционная хирургия. 2012. Т.12, № 3. С. 55-57.
55. Овечкин, И.Г. «Восстановительная офтальмология» как новое направление офтальмологии, оптометрии и восстановительной медицины /И.Г.Овечкин, Г.А.Емельянов, А.В.Шакула // Новые технологии в офтальмологии (материалы Всероссийской научно-практической конференции).-Казань,2012.- С.154-157.
56. Овечкин, И.Г. Аккомодационные нарушения у лиц зрительно-напряженного труда с явлениями психологической дезадаптации /И.Г.Овечкин, А.В.Шакула, Г.А.Емельянов и др. // Российский офтальмологический журнал.-2014.-№1.-С.39-41.
57. Першин, К.Б.Комплексная оценка лазерного in situ кератомилеза (ЛАСИК). Осложнения и критерии эффективности /Пашинова Н.Ф., Овечкин И.Г. и др. // Рефракционная хирургия и офтальмология. -2002.- Т2, №1. -С. 21-28.

58. Першин, К.Б. Занимательная факоэмульсификация. Записки катарактального хирурга / К.Б. Першин. – СПб: Борей Арт, 2007.-133 с.
59. Першин, К.Б. Рефракционная замена хрусталика / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова // Материалы юбилейной конференции «Федоровские чтения – 2007». – М., 2007. – С. 217-218.
60. Першин, К.Б. Первые результаты имплантации аккомодирующей ИОЛ CrystalensHD в России /К.Б. Першин//Новое в офтальмологии. -2010.-№2 - Прилож. –С. 2–4.
61. Першин, К.Б., Состояние зрительных функций глаз после имплантации ИОЛ CrystalensHD 500 / К.Б. Першин, Б.Э. Малюгин, Э.В. Егорова и др. //Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии.– М., 2010. – С. 162-165.
62. Пожарицкий, М.Д. Перспективы применения фемтосекундных лазеров в хирургической коррекции аномалий рефракции у военных специалистов / М.Д. Пожарицкий// Военно-медицинский журнал. -2010.- Т331, №1.- С. 70.
63. Рагимова, Н.Р. Методы оценки функциональных резервов зрительной системы у лиц с явлениями компьютерного зрительного синдрома /Н. Р. Рагимова// «Профессиональное здоровье и качество жизни» (тез. междунар. симпоз.).- Сингапур, 2010.-С.84-85.
64. Реброва, О.Ю. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва // Статистический анализ медицинских данных. М.: Медиа Сфера, 2006. 312 с.
65. Розенблум, Ю.З. Возрастно-функциональный подход к компенсации аметропий /Ю.З. Розенблум //Вестник офтальмологии. - 2004.- № 1.- С. 51-56.
66. Светлова, О.В.Современные биомеханические представления о теории аккомодации Гельмгольца / О.В. Светлова, И.Н. Кошиц//Биомеханика глаза. – М., 2001. – С. 142-160.
67. Светлова, О.В. Эволюция исполнительных механизмов аккомодации /О.В. Светлова// Ерошевские чтения. – Самара, 2002.- С. 628-632.

68. Светлова, О.В., Классификация и взаимодействие механизмов аккомодации человека / О.В. Светлова, И.Н. Кошиц// 6-я Всероссийская конференция по биомеханике “Биомеханика-2002”- Н/ Новгород, 2002.
69. Семчишен, В. Оптические aberrации человеческого глаза и их коррекция / В. Семчишен, М. Мрохен, Т. Сайлер // Рефракц. хирургия и офтальмология. - 2003.-Т. 3,№ 1.-С. 5-13.
70. Сергиенко, Н.М. Теория аккомодации: Нужно ли поправлять концепцию Гельмгольца/ Н.М. Сергиенко// Офтальмол. журн. -2000.-№ 2. –С. 81-82.
71. Страхов, В.В. Еще раз про аккомодацию, или почти театральная история /В.В. Страхов// Окулист.-2003.- №11.– С. 10-12.
72. Страхов, В.В. К вопросу об активности дезаккомодации глаза /В.В. Страхов, М.А. Бузыкин// Офтальмология на рубеже веков. –СПб., 2001. – С. 91.
73. Страхов, В.В.Медикаментозная модель биомеханики аккомодации глаза/ В.В. Страхов, М.А.Бузыкин //Биомеханика глаза. – М., 2001. – с. 179-181.
74. Страхов, В.В. Ультразвуковое исследование биомеханики аккомодации. /В.В. Страхов, М.А. Бузыкин// 2й Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии. – Екатеринбург, 2001. – С. 364.
75. Страхов, В.В. Проблемы аккомодации глаза /В.В. Страхов// Ярославль: ЯГМА, 2004.- С. 32.
76. Тахтаев, Ю.В. Хирургическая коррекция гиперметропии и пресбиопии рефракционно-дифракционными псевдоаккомодирующими линзами AcrySofRestor /Ю.В. Тахтаев, Балашевич Л.И.// Офтальмохирургия.- 2005.- № 3.- С.12-16.
77. Тахчиди, Х.П. Мультифокальные ИОЛ: патентный поиск и классификация /Х.П. Тахчиди, Б.Э. Малюгин, Т.А.Морозова// Новое в офтальмологии. – 2004. -№4. –С.31-39.
78. Тахчиди, Х.П. Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике патологии переднего сегмента глаза /Х.П. Тахчиди, Э.В. Егорова, Д.Г.Узунян. – М. -Б.и. 2007.

79. Темиров, Н.Э. Сравнительная оценка результатов бинокулярной имплантации различных типов современных интраокулярных линз. /Н.Э. Темиров//Новое в офтальмологии. – 2010. - №2. – Прилож. – С.17–19.
80. Трубилин, В.Н. Исследование качества жизни после эксимерлазерных операций / В.Н. Трубилин, И.Г. Овечкин, М.Д. Пожарицкий и др. // Современная оптометрия.- 2012.-№ 5.-С. 38-43.
81. Трубилин, В.Н. Факторы, определяющие субъективные результаты эксимерлазерной коррекции зрения / В.Н Трубилин, С.Ю. Щукин, М.Д. Пожарицкий // Современная оптометрия. -2013. -№ 1.- С. 30-34.
82. Ульянов, А.Н. Первый опыт использования аккомодационной ИОЛ CrystalensHD 500 // 10я Междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии»/А.Н. Ульянов. – М.,2009.-С.207-210.
83. Филатов, А.В. Медико-социальная характеристика больных с ранней возрастной катарактой / А.В. Филатов, И.Н. Субботина, Л.Г. Веретенникова // 4-я Евро-Азиатская конф. по офтальмохирургии. – Екатеринбург, 2006. – С.229-230.
84. Филатов, А.В. Клинико-анамнестическая характеристика пациентов с катарактой в ранней возрастной группе / А.В. Филатов, И.Н. Субботина, О.О Ульянов А.Н. Первый опыт использования аккомодационной ИОЛ CrystalensHD 500// 10-я Междунар. научно-практ. конф. «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии».-М., 2009.- С.207-210.
85. Филатов А.В. Пространственная контрастная чувствительность при моно- и мультифокальной артификации у работников промышленных предприятий. /А.В. Филатов//Катарактальная и рефракционная хирургия. -2011.-Т. 11, №3. -С. 32-35.
86. Филатов, А.В. Выявление факторов риска развития катаракты у работников промышленных предприятий/ А.В. Филатов, И.Н. Субботина // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2011.- Т.11, - №4. – С.37-40.
87. Шаповалов, С.Л. Аккомодация глаза и ее нарушения / С.Л. Шаповалов, Милявская Т.И., Игнатьев С.А// М.- МИК, 2011. -184 с.

88. Шелудченко, В.М. Функциональные результаты мультифокальной мезокоррекции в хирургии катаракты /В.М. Шелудченко // 9й съезд офтальмологов России. – М., 2010. – С. 227.
89. Шилкин, Г.А. Биомеханическое обеспечение зрения вдаль и вблизи у человека/ А.Г. Шилкин, А.Н. Бессарабов// Биомеханика глаза. – М., 2004. – С. 45-54.
90. Щукин, С.Ю. Динамика показателей объективной аккомодографии после эксимерлазерной коррекции близорукости /Щукин. С.Ю// Катарактальная и рефракционная хирургия. -2012.-Т 12, №4. –С.-31-35.
91. Щукин, С.Ю. Факторы восстановления аккомодационной системы глаза после эксимер-лазерной коррекции близорукости /С. В. Щукин, Г.А. Емельянов// Новые технологии в офтальмологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. -Казань, 2012.- С. 235-236.
92. Abraham, A.G. The new epidemiology of cataract / N.G. Condon, E. West Gower// Ophthalmol. Epidemiol. North Am, -2006.-Vol. 19, №4.-P. 415-425.
93. Akaishi, L. Multifocal intraocular lens optic anteriorization capture to correct residual refractive error/ L, Akaishi, T. Bessa, R.Vaz, et al.// J. Cataract. Refract. Surg. – 2009.-Vol. 35.-P. 2077 – 2083.
94. Alfonso, J.F. Prospective visual evaluation of apodized diffractive intraocular lenses /J.F. Alfonso, L. Fernandez-Vega, M.B. Baamonde et al. // J. Cataract. Refract. Surg. - 2007. - Vol. 33, № 7. - P. 1235-1243.
95. Alfonso, J.F. Femtosecond laser for residual refractive error correction after refractive lens exchange with multifocal intraocular lens implantation. /J.F.Alfonso, L. Fernandez-Vega // Am J Ophthalmol. – 2008.- Vol. 146-P. 244 – 250.
96. Alfonso, J.F, Visual performance after AcrySofReSTOR aspheric intraocular lens implantation / J.F.Alfonso, L. Fernández-Vega, B. Valcárcel et al. //J Ophthmlol.- 2008.-Vol.1, N1. - P.30-35.
97. Alfonso, J.F. Visual function after implantation of an aspheric bifocal intraocular lens / J.F.Alfonso, L. Fernandez-Vega, H. Amhaz et al//J. Cataract. Refract. Surg.- 2009.-Vol. 35.-P.885 – 892.

98. Alfonso, J.F. Outcomes and patient satisfaction after presbyopic bilateral lens exchange with the ReSTOR IOL in emmetropic patients /J.F.Alfonso, L.Fernandez-Vega, B.Valcarcel, H. Amha et al//J Refract Surg.- 2010.-Vol.-26.-P. 927- 933.
99. Alio, J.L. Near vision restoration with refractive lens exchange and pseudoaccommodating and multifocal refractive and diffractive intraocular lenses: comparative clinical study / J.L. Alio, M. Tavalato, F. De La Hoz et. al// J. Cataract. Refract. Surg. – 2004.-Vol. 30. – P. 2494 – 2503.
100. Alió, J.L. Visual and accommodative outcomes 1 year after implantation of an accommodating intraocular lens based on a new concept / J.L. Alió, J. Ben-nun, J.L. Rodríguez-Prats et. al.\ J. Cataract. Refract. Surg. -2009.- Vol. 35 №10.- P. 1671-1678.
101. Alió, J.L. Visual outcomes and optical performance with a monofocal intraocular lens and a new-generation single-optic accommodating intraocular lens / J.L. Alio, D.P. Piñero, A.B. Plaza-Puche// Journal of Cataract and Refractive Surgery. - 2010.-Vol. 36, №10. – P. 1656–1664
102. Alonso, J. International applicability of the VF-14. An index of visual function in patients with cataracts / J. Alonso // Ophthalmology. -1997.- Vol. 104, N 5. -P. 799–807.
103. Ambrosio, R.J. Management of unsuccessful LASIK surgery/ R.J.Ambrosio.// ComprOphthalmol Update. -2007. –Vol.8, №1. -P. 125-141.
104. Atchison ,D.A. Pseudoaccommodation with forward movement of IOLs/ D.A. Atchison// Journal of Cataract and Refractive Surgery. -2005.-Vol. 31, №1. -P. 11.
105. Auffarth, G.U.Multifocal intraocular lenses/ G.U. Auffarth, H.B. Dick// Ophthalmology.- 2001.- Vol.98, №2.-P.- 127-137.
106. Blaylock, J.F.Visual and refractive status at different focal distances after implantation of the ReSTOR multifocal intraocular lens /J.F. Blaylock, C. Vickers //J. Cataract. Refract. Surg.- 2006.-Vol. 32. – P. 1464 – 1473.
107. Campbell, C. E. Objective Refraction: Retinoscopy, autorefraction, and photorefraction / C. E. Campbell, W.J. Benjamin, H. C. Howland //Borish's clinical refraction. St. Louis, 2006.- P. 682-764.

108. Chang, D.F. Prospective functional and clinical comparison of bilateral ReZoom and ReSTOR intraocular lenses in patients 70 years or younger. / D.F.Chang// J. Cataract. Refract. Surg. -2008.- Vol.34. – P.934-941.
109. Chang, J.S. Complication of sub-Bowman keratomileusis with a femtosecond laser in 3009 eyes/ J.S. Chang // J. Refract. Surg. -2008. –Vol. 24, №1. -P. 97-101.
110. Chiam, P. J.T. ReSTOR intraocular lens implantation in cataract surgery: quality of vision / P. J.Chiam, J.H. Chan, R.K. Aggarwal, et. al// J. Cataract Refract. Surg. -2006. - Vol. 32, № 9. - P. 1459-1463.
111. Colvard, M.D. FDA clinical data for the Crystalens / M.D. Colvard // J. Cataract Refract. Surg. Today. -2004.Vol. 30, №1.-P.41-42.
112. Cumming, I.S. Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens / I.S Cumming,. D.M, S.J. Colvard Dell// Cataract J. Cataract. Refract. Surg.- 2006.-Vol. 32, №5. – P.812-824.
113. Dhaliwal, D.K. Visual significance of glistenings seen in the AcrySof intraocular lens / D.K. Dhaliwal, N. Mamalis., R.J. Olson et al // J. Cataract Refract. Surg. - 1996. -Vol. 22, № 4. - P. 452-457.
114. Dogru, M., Tetsumoto K., Tagami Y. et al. Optical and atomic force microscopy of an explanted AcrySof intraocular lens with glistenings // J. Cataract Refract. Surg. - 2000. - Vol. 26, № 4. - P. 571-575.
115. Ellis, M.F. Sharp-edged intraocular lens design as a cause of permanent glare/ M.F. Ellis // J. Cataract Refract. Surg. - 2001. - Vol. 27, № 7. - P. 1061-1064.
116. Erie, J. C. Incidence of cataract surgery from 1980 till 2004 year / J.C. Erie, K. H. Baratz //J. Cataract and Refractive Surgery.- 2007.-Vol. 33, №7.-P. 1273-1275.
117. Faber, P. Patient perceptions of the ReSTOR® + 4 aspheric intraocular lens in Canada/ P. Faber // Paper presentationat: 26thCongress of the ESCRS. Berlin, 2008.- P. 84.
118. Ferrer-Blasco, T. Stereoacuity after refractive lens exchange with AcrySofReSTOR intraocular lens implantation / T. Ferrer-Blasco, R. Montes-Mico, A. Cervino et al. // 26 th Congress of the ESCRS. Berlin, 2008.- P. 49.

119. Findl, O. Intraocular lens movement caused by ciliary muscle contraction / O. Findl, B. Kiss, V. Petternel et al.// J. Cataract. Refract. Surg. -2003. Vol. 29, №4. –P. 669–676.
120. Findl, O. Intraocular lenses for restoring accommodation: Hope and reality/ O. Findl// J Refract Surg.-2005.-Vol.21-P.321-323.
121. Findl, O. Meta-analysis of accommodating intraocular lenses / O. Findl, C, Leydolt // J. Cataract. Refract. Surg.- 2007.- Vol. 33,№3. – P. 522-527.
122. Gray, L.S. Accommodativ microfluctuation and pupil diameter / L.S Gray, B Winn, B. Gilmartin //Vision Res. -1999. -№33, -P.2083-2090.
123. Hill, J.C. An informal satisfaction survey of 200 patients after laser in situ keratomilesis / J.C. Hill. // J. Refractive Surgery.- 2002.- Vol.18, №3. -P. 454-459.
124. Hiratsuka, Y. Alcohol and eye diseases: A review of epidemiologic studies / Y. Hiratsuka, L. Guohua // Journal of Studies on Alcohol.- 2001.- Vol. 62.-P. 397–402.
125. Jacobi, F.K. Bilateral implantation of asymmetrical diffractive multifocal intraocular lenses / F.K. Jacobi, J. Kammann, K.W. Jacobi et al.// Ophthalmol.- 1999-Vol. 117.-№ 1 .- P.17-23.
126. Jacques, P. F, Moeller S.M., Hankinson S. E., Chylac L.T. The epidemiology of senile cataracts: A review /Jacques P. F, Moeller S.M., Hankinson S. E., Chylac L.T //Ophthalmology. – 2002.- Vol. 86. – P.620 - 622.
127. Javitt, J. C. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation: A multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality- of-life outcomes /J.C Javitt, R.F. Steinert// Ophthalmology.-2000 Vol. 7, №11. – P. 2040-2048.
128. Jaycock, P.D. 5-year follow-up of LASIK for hyperopia / P.D. Jaycock // Ophthalmology. -2005.- Vol.112, №1. -P. 191-194.
129. Jobling, A.I. What causes steroid cataracts? A review of steroid-induced posterior subcapsular cataracts /A.I. Jobling, R.C. Augusteyn //Clinical and Experimental Optometry. -2002.-Vol. 85, №2. – P. 61–75.
130. Judge, H.J. Mechanics of accommodation of the human eye / H.J. Judge, M. J. Flavell, // Vision Research.-1999.-Vol. 39. – P. 1591-1595.

131. Kohnen, T. European multicenter study of the AcrySof ReSTOR appodized diffractive intraocular lens/ T. Kohnen, D. Allen, C. Boureau, et al.// Ophthalmology. -2006.- Vol. 113, № 4. - P. 578-584.
132. Kohnen, T. Visual function after bilateral implantation of apodized diffractive aspheric multifocalintraocular lenses with a +3.0 D addition. / T Kohnen, R Nuijts, P. Levy et al.// J. Cataract. Refract. Surg.- 2009.-Vol. 35. - P. 2062 – 2069.
133. Langenbacher, A. Measurement of accommodation after implantation of an accommodating posterior chamber intraocular lens / A. Langenbacher, S. Huber, N.X. Nguyen et al.//Journal of Cataract and Refractive Surgery.- 2003 Vol.29,№4. –P. 677–685
134. Langenbacher, A. Customized aspheric IOL design by raytracing through the eye containing quadric surface / A. Langenbacher, T. Eppig , B. Seitz at al. //Curr. Eye Res.- 2011.- Vol.36, №7. –P. 637-646.
135. Lesiewska-Junk, H. Intraocular lens movement and accommodation in eyes of young patients / H. Lesiewska-Junk, J. Kaluzny // Journal of Cataract and Refractive Surgery.-2000.-Vol. 26, №4. –P. 562–565.
136. Li, X.R. Clinical research of accommodating intraocular lens// X.R. Li, L. Zhao, B.J. Hu// Cataract. Refract. Surg. - 2009.- Vol.45, №4.-P. 328-331.
137. Lindstorm, R.L. Binkhorst Lecture: presbyopic correction from a surgeon's perspective/ R.L. Lindstorm //Ocular Surgery News. -2003.-Vol. 21,№10.-P.14-16.
138. Macsai, M.S. Visual outcomes after accommodating intraocular lens implantation / M.S Macsai, L. Padnick-Silver, B.M. Fontes// Cataract. Refract. Surg. - 2006.-Vol. 32, №4. – P. 628-633.
139. Malot, J. Cost of cataract surgery in public hospital /J. Malot// Fr.Opthtal. - 2011.-Vol. 34, №1. – P. 10-16.
140. Marchini, G. Ultrasound biomicroscopic changes during accommodation in eyes with accommodating intraocular lenses: Pilot study and hypothesis for the mechanism of accommodation / G. Marchini, E. Pedrotti, P. Sartori et al.// . Cataract Refract. Surg.-2000.-Vol.30, №12. -P. 2476-2482.

141. Marchini, G. Functional assessment of two different accommodative intraocular lenses compared with a monofocal intraocular lens / G. Marchini, P. Mora, E. Pedrotti // *Ophthalmology*.- 2007. - Vol. 114, №11. – P. 2038–2043
142. Mertens, E. Restoration of accommodation after cataract refractive surgery with CrystaLens AT-45 IOL / E. Mertens, F. Vervecken// *Congress of the ESCRS, 20-th.*- France, 2002. – P. 175.
143. Muftuoglu, O. Drug-induced intraocular lens movement and near visual acuity after AcrySof intraocular lens implantation / O. Muftuoglu, B.M. Hosal, F. Karel et al.//*Journal of Cataract and Refractive Surgery*. -2005. -;-Vol. 31, №7. – P. 1298–1305.
144. Nanavaty, M.A. Wavefront aberrations, depth of focus, and contrast sensitivity with aspheric and spherical intraocular lenses: Fellow-eye study / M.A. Nanavaty, D.J. Spalton, J. Boyce et al.// *Journal of Cataract and Refractive Surgery*.- 2009.- Vol. 35, №4. – P. 663–671
145. Nawa, Y. Accommodation obtained per 1.0mm forward movement of a posterior chamber intraocular lens /Y. Nawa, T. Ueda, M. Nakatsuka, et al.// *Journal of Cataract and Refractive Surgery*.- 2003. –Vol. 29,№11. – P. 2069–2072
146. Nemeth, G. A comparison of accommodation amplitudes in pseudophakic eyes measured with three different methods / G. Nemeth, A. Tsorbatzoglou, P. Vamosi et al.// *Eye*. -2008.- Vol. 22, №1. – P 65–69.
147. Németh, G. Examination of accommodation in pseudophakic eyes/ G. Németh // *Orv. Hetil*. -2009.-Vol. 150. – P. 943-948.
148. Neuhann, T. Four-year European data on the Crystallens/T. Neuhann // *J. Cataract Refract. Surg. Today*. –2004.-Vol.2. -P. 58.
149. Parsa, C. Measuring pseudophakic accommodation / C. Parsa// *J. Cataract. Refract. Surg. Today*.- 2005. – Vol. 3. – P.29-31.
150. Pepose, J.S. Maximizing satisfaction with presbyopia-correcting intraocular lenses: The missing links /J.S. Pepose//*Amer J. Ophthalmol*.-2008. - Vol.146,№5. - P. 641-648.

151. Pepose, J. S. Visual performance of patients with bilateral vs combination Crystalens, ReZoom, and ReSTOR intraocular lens implants. / J. S. Pepose // Amer. J. Ophthalmol. - 2007. - Vol. 144, N 9. - P. 347-357.
152. Pepose, J.S. Comparing pupil-dependent image quality across presbyopia-correcting intraocular lenses / J.S Pepose, G.E Altmann//J. Cataract. Refract. Surg. - 2010. –Vol. 36, №6. – P. 1060-1063.
153. Pepose, J.S. Visual performance of patients with bilateral vis combination Crystalens, Rezoom, and Restor intraocular lens implants / J.S. Pepose, M.A. Qazi, J. Davis et al.// Amer. J. Ophthalmology.- 2007.-Vol. 144, №9. – P. 347-357.
154. Rocha, K.M. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses. A prospective randomized study / K.M. Rocha, E.S. Soriano, W. Chamon et al.//Ophthalmology.- 2007. –Vol. 114, №11. – P. 2050–2054
155. Saladin, J. J. Phorometry and Stereopsis/ J. J. Saladin //Borish's clinical refraction. - St. Louis, 2006.- P. 899-962.
156. Sasaki, A. Initial experience with a refractive multifocal intraocular lens in a Japanese population / A. Sasaki// J. Cataract/ Refract. Surg.- 2000.- Vol. 26, № 7.- P. 1001- 1007.
157. Solomon, K.D. LASIK World Literature review. Quality of life and patient satisfaction / K.D. Solomon, E. Luis, C. Fernandez // LASIK World Literature Review. Ophthalmology.- 2009.- Vol.116, №6.- P. 691-701.
158. Steinert, R.F. Visual outcomes with multifocal intraocular lenses / R.F. Steinert // Curr. Opin. Ophthalmol. - 2000. - Vol. 11, № 1. - P. 12-21.
159. Steinert, R.F. A prospective comparative study of the AMO ARRAY zonal-progressive multifocal silicone intraocular lens and a monofocal intraocular lens / R.F. Steinert, B.L. Aker, D.J. Trentacost et al // Ophthalmology. - 1999. - Vol. 106, №7.-P. 1243-1255.
160. Tahzib, N.G. Functional outcomes and patient satisfaction after laser in situ keratomilesis for correction of myopia / N.G. Tahzib // J. Refractive Surgery. -2005. – Vol.31, №12. - P. 1943-1951.

161. Tchah, H. Near add power of the diffractive multifocal intraocular lens / H. Tchah, W.J. Choi//J. Cataract Refract. Surg.- 1996.- Vol. 22, № 9.-P. 1232-1235.
162. Theodoropoulou, S. The epidemiology of cataract / S. Theodoropoulou, P. Theodossiadis// ActaOphthalmol.- 2011.-Vol. 89, №2. – P. 167-173.
163. Toygar, B. Mixing and matching the ReZoom and the Tecnis ZM900 multifocal lenses in the same patient: A 6-month follow-up study / B. Toygar // Congress of the ESCRS, 25-th. -Stockholm, 2007. – P. 146.
164. Vingolo, E. M. Visual acuity and contrast sensitivity :AcrySofReSTORapodized diffractive versus AcrySof SA60AT monofocal intraocular lenses / E. M. Vingolo //J. Cataract Refract Surg.- 2007. - Vol. 33, N 7. -P. 1244-1247.
165. Walkow, L. Patient satisfaction after implantation of diffractive designed multifocal intraocular lenses in dependence on objective parameters /L. Walkow, U.M. Klemen // Graefes Arch. Clin. Exper. Ophthalmol.- 2001.- Vol. 39, № 9.- P.683-687.
166. Wallace, R.B. Multifocal vision after cataract surgery / R.B. Wallace // Curr. Opin. Ophthalmol.- 1998.- Vol. 9, № 1.- P. 66-70.
167. Weber, H.A. Finite elements simulation of accommodation / H.A. Weber, H. Martin // Current aspects of human accommodation. - KadenVerlag, 2001. -P. 135
168. Weeber, H.A. Stiffness gradient in the crystalline lens / H.A. Weeber, G. Eckert, W. Pechhold et al.//Graefes Arch Clin. Exper. Ophthalmol.- 2007.- Vol. 24. - P. 1357–1366
169. Weghaupt, H. Comparison of pseudoaccommodation and visual quality between a diffractive and refractive multifocal intraocular lens / H. Weghaupt, S. Pieh, C. Skorpik // J. Cataract Refract. Surg.- 1998.- Vol. 24,№ 5.-P. 663-665.
170. Wolffsohn, J.S. Subjective and objective performance of the Lenstec KH-3500 "accommodative" intraocular lens / J.S. Wolffsohn, S.A. Naroo, N.K. Motwani // Br. J. Ophthalmol. – 2006. –Vol. 90, №4. –P.693-696.
171. Yamaguchi, T. Effect of spherical aberration on visual function under photopic and mesopic conditions after cataract surgery / T. Yamaguchi, M. Dogru, K. Yamaguchi et al. //J Cataract Refract Surg.-2009.-Vol.35, №1-P.57-61.

172. Yamaguchi, T. Feasibility of spherical aberration correction with aspheric intraocular lenses in cataract surgery based on individual pupil diameter / T. Yamaguchi, K. Negishi, T. Ono et al.// J. Cataract. Refrac.t Surg. -2009. – Vol.35, №10. – P. 1725-1733.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АИОЛ – аккомодирующая интраокулярная линза

ГПК – глубина передней камеры глаза

ИОЛ – интраокулярная линза

КАО – коэффициент аккомодационного ответа

КМФ – коэффициент микрофлюктуаций аккомодации

МИОЛ – монофокальная интраокулярная линза

МУИОЛ – мультифокальная интраокулярная линза

ПЗО – переднее-задняя ось глаза

РА – резервы аккомодации

СРР – средний радиус роговицы