

МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ПО ОФТАЛМОЛОГИЯ

Д-р Боряна Михайлова Иринкова, FEBO

АВТОРЕФЕРАТ

На дисертационен труд на тема:

Изследване на роговични аберации и качеството
на ретиналния образ при имплантация
на моно- и мултифокални вътреочни лещи

за присъждане на образователна и научна степен „доктор”
по научна специалност „Офталмология”, шифър 03.01.36.

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

Доц. Яни Здравков, ДМ

ДОКТОРСКА ПРОГРАМА
„ОФТАЛМОЛОГИЯ” 2025г.

София, 2025 г.

Дисертационният труд съдържа 142 страници. Онагледен е с 58 таблици, 43 графики, 6 диаграми и 28 снимки.

Библиографската справка е представена от 207 източника.

Публикации свързани с темата - 3 бр., 1 в списание с импакт фактор, 2 бр. в референтни списания. Д-р Иринкова е първи автор на 2 от тях и съавтор в една. Участия в конгреси по темата на дисертацията -2 бр.

Дисертационната работа е обсъдена и насочена за защита на заседание на Катедрения съвет към Катедра по Офталмология, МУ - София, където Д-р Боряна Михайлова Иринкова е задо-чен докторант, отчислен с право на защита.

НАУЧНО ЖУРИ В СЪСТАВ:

1. Проф. д-р Лъчезар Георгиев Войнов, дм – външен член за МУ – София, Военномедицинска Академия - София.
2. Доц. д-р Атанас Димитров Калайджиев, дм – външен член за МУ – София, Военномедицинска Академия – София
3. Доц. д-р Марин Ангелов Атанасов, дм – външен член за МУ – София, Медицински Университет – Пловдив.
4. Доц. д-р Станислава Костова Иванова, дм - вътрешен член за МУ – София, Катедра по офталмология, УМБАЛ „Александровска”.
5. Доц. д-р Невяна Валентинова Велева, дм - вътрешен член за МУ – София, Катедра по офталмология, УМБАЛ „Александровска”.

РЕЗЕРВНИ ЧЛЕНОВЕ:

1. Проф. д-р Цветомир Иванов Димитров, дмн – външен член за МУ – София, 1-ва МБАЛ.
2. Проф. д-р Христина Николаева Видинова дмн – външен член за МУ – София, Военномедицинска Академия - София.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 12.06.2025 г. проведе в гр. София, бул. „Пенчо Славейков“ № 34, Аудитория „Янко Добрев“ на Втори хирургичен блок, УМБАЛ „Александровска“ на 20.03.2025 г. в 14:00 ч.

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

ICSE	интракапсулна катарактна екстракция
ECSE	екстракапсулна катарактна екстракция
MSICS	хирургия на катаракта с малък разрез - small incision cataract surgery
ФЕ	факоемулсификация
ИОЛ	интраокуларна леща
Е-ДОФ	лещи с удължена дълбочина на фокуса
МФ	мултифокални лещи
OVD	офталмологични вискохирургични устройства
АД	аксиална дължина
WTW	white to white -диаметър бяло до бяло
ELP	Очаквана позиция на лещата
LHP	равнината на хаптиките на лещата
LT	предно-заден диаметър на лещата
АВФ	Аберометрията на вълновия фронт (Wavefront)
RSD	Retinal Spot Diagram, диаграма на ретиналните петна
AI	изкуствен интелект
ППВ	парс плана витректомия
BCVA	Най-добре коригирана зрителна острота
B CDVA	Най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние
BCNVA	Най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние
TBUT	Време за разкъсване на слъзния филм
КЧ	контрастна чувствителност
СЗО	Световната Здравна Организация
LOCS III	Lens Opacities Classification System III
Hz	херц
ЗД	Захарен Диабет
ЗО	зрителна острота
КС	кортикостероиди
НСПВС	нестероидни противовъзпалителни средства
SPSS	Статистически пакет за социални науки

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Въведение / 5

2. Цели и задачи / 7

3. Материал и методика / 8

3.1. Методика / 8

3.1.1. Инструментариум / 8

3.1.1.1. Методи и апаратура за изследване на роговични аберации / 8

3.1.1.1.1 Snellen Letter графика / 8

3.1.1.1.2 Топография на роговицата / 8

3.1.1.1.3 Анализ на зрителната функция / 8

3.1.1.1.4 Симулирана зрителна острота / 8

3.1.1.1.5 Анализ на Zernike / 8

3.1.1.2. Методи и апаратура за изследване ЗО, извършване на офталмоскопия и тонометрия / 8

3.1.1.2.1. Зрителната острота / 9

3.1.1.2.2. Биомикроскопия, офталмоскопия, тонометрия / 9

3.1.1.3. Изследване на контрастна чувствителност / 9

3.1.1.4. Изследване на ъгъл Алфа и Капа / 10

3.1.1.5 Изчисляване на ВОЛ / 10

3.1.1.6 Изследване на време на разкъсване на слъзен филм / 10

3.2 Хирургична апаратура / 10

3.2.1 Хирургична апаратура за извършване на факоемулсификация / 10

3.2.2. Хирургична техника / 10

3.2.2.1. Техника на извършване на факоемулсификацията / 10

3.3. Материал / 11

3.3.1.Обща характеристика на контингента / 11

3.3.2.Постоперативно проследяване на пациентите / 13

3.3.3.Настъпили постоперативни усложнения / 14

3.3.4.Наличие на дисфотопсии постоперативно в популацията / 14

3.4.Използвани статистически методи / 15

3.4.1.Статистически анализ на данни с SPSS 19.0 / 15

3.4.1.1.Точен тест на Фишър / 15

3.4.1.2.Проверката за наличието на статистическа значимост / 15

3.4.1.3.Непараметричен анализ за проявено влияние чрез корелационен коефициент на Спирман / 16

3.4.2.Оценка / 16

3.4.3. Тълкуване на резултатите / 16

4. Резултати и обсъждане / 17

4.1.Резултати от операцията. Обща характеристика / 17

4.2.Проследяване на пациентите / 17

4.3.Постоперативни резултати / 18

4.3.1.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) / 18

4.3.2.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA) в популацията / 19	
4.3.3.Анализ на контрастна чувствителност в популацията / 20	
4.3.4.Анализ на роговични аберации / 21	
4.3.5.Анализ на ъгъл Алфа и ъгъл Капа / 23	
4.3.6.Анализ на времето за разкъсване на слъзен филм / 26	
4.3.7.Интервю за удовлетвореността на пациентите / 27	
4.3.8.Обсъждане / 28	
4.4.Резултати за Група 1 / 31	
4.4.1.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) / 31	
4.4.2.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA) / 32	
4.4.3.Анализ на контрастна чувствителност / 32	
4.4.4.Анализ на роговични аберации / 33	
4.4.5.Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 34	
4.4.6.Обсъждане / 34	
4.5.Резултати Група 2 / 35	
4.5.1.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 35	
4.5.2.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 37	
4.5.3.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние / 37	
4.5.4.Анализ на контрастна чувствителност / 38	
4.5.5.Анализ на роговични аберации / 38	
4.5.6.Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 39	
4.5.7.Обсъждане / 40	
4.6.Резултати Група 3 / 41	
4.6.1.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 41	
4.6.2.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 43	
4.6.3.Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние / 43	
4.6.4.Анализ на контрастна чувствителност / 44	
4.6.5.Анализ на роговични аберации / 44	
4.6.6.Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 45	
4.6.7.Обсъждане / 45	

5.Изводи / 49

6.Приноси / 51

7.Библиография / 52

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Основната функция на окото в еволюционен аспект е възприемането на светлинния импулс, преобразуването му и провеждането до коровите центрове в главния мозък, където се осъществява сумиране и анализиране на информацията. За осъществяване на тази функция окото пропуска, пречупва и фокусира светлинните лъчи навлизащи в него.

Нормалната кристалинова леща на окото е прозрачна структура, окачена в естествената си позиция от зонуларни влакна от цилиарното тяло. Лещата съдържа капсула, епител, кортекс и ядро. Функциите на лещата включват пречупване на светлината и осигуряване на акомодация [1].

Според Световната Здравна Организация (СЗО) в световен мащаб най-малко 2,2 милиарда души имат увредено зрение на близо или надалеч. В най-малко 1 милиард – или почти половината – от тези случаи увреждането на зрението може да бъде лекувано [2].

Сред тези 1 милиард души основните състояния, причиняващи увреждане на зрението или слепота, са катаракта (94 милиона), рефрактивна грешка (88,4 милиона), свързана с възрастта дегенерация на макулата (8 милиона), глаукома (7,7 милиона), диабетна ретинопатия (3,9 милиона) [3].

Катаракта е заболяване което представлява помътняване на човешката кристалинова леща. Думата катаракта идва от латинската дума „cataracta“, което означава водопад, като състоянието вероятно е кръстено на белия вид на бързо течаща вода.

Съобщава се, че най-ранният документиран случай на катаракта е в музей в Кайро, където се съхранява малка статуя от 5-та династия (около 2457-2467 г. пр. н. е.) Дървената статуя на свещеник четец ясно има бяло петно, издълбано в зеницата на ляво око и се смята, че представлява катаракта [4].

Въпреки че катарактата почти винаги е лечимо заболяване, тя все още е една от най-честите причини за намалена зрителна острота в света. Това е заболяване, което може значително да намали качеството на живот на пациентите и е един от основните офталмологични проблеми на общественото здраве в развитите и развиващите се страни [5].

Лечението на катарактата е винаги оперативно. Най-ранните описани случаи за оперативно отстраняване на катарката от човешко око датират от пети век преди Христа и представлява процедура чрез която матуриралата леща се луксират от анатомичната си позиция в стъкловидното тяло, чрез игла или друг остър предмет наречена каучинг (Couching). Няколко илюстрации от вътрешната страна на египетски храмове и гробници изобразяват хирургически инструменти, и процедурата, включваща изместване на очната леща, за да се изчисти катарактата.

Този метод е описан за първи път от Махарши Сушрута, древен индийски хирург, в неговия трактат, наречен „Сушрута Самхита, Утар Тантра“, датиращ от 800 г. пр.н.е. Текстът описва как иглата се използва, за да притисне лещата към задната част на окото. Поради липсата на асептична техника и честите възпаления след процедурата успеваемостта на този метод във времето е малка [1].

С разширяването на познанията за анатомията на окото и очните заболявания се разширява и подходът към оперативната техника на катаракта. Смята се, че каучингът е бил преобладаващият метод за лечение на катаракта до 18-ти век.

За първи път екстракция на катаракта е извършена през 1747 г. в Париж от френския хирург Жак Давиел. Неговата процедура се доказва във времето като по-ефективна и по-безопасна, с около 50% успеваемост. Процедурата на Давиел е вид екстракапсуларна екстракция (ЕССЕ) чрез голям разрез на роговицата над 10 mm, капсулотомия, експресия на ядрото и след това отстраняване на кортекса чрез кюретаж [4]. В следващите 100 години този метод е предпочитан от хирурзите по света.

През 19-и век се развива нова техника наречена интракапсуларна катаркатална екстракция (ИССЕ), за първи път описана и извършена от Самюел Шарп през 1753 година. При ИССЕ се използват различни техники за прекъсване на Циновите връзки и екстрахиране на цялата леща, заедно с капсулата през голям лимбален отвор. Механизмът, чрез който зонулите се прекъсват, се променя във

времето – в началото е използван форцепс за захващане на капсулата на лещата и ръчно разкъсване на зонулите. През 1957 г. Хоакин Баракер е първият хирург, който използва ензим алфа-химотрипсин за разтваряне на Циновите връзки. След години навлиза използването на криоекстракция, което също се оказва успешен метод за ICSE. При криоекстракция върху помътнената леща се поставя сонда, която чрез замразяване се захваща за лещата и същата внимателно се отстранява от окото [1].

С развитието на техниката и медицината се развива и катаракталната оперативна техника. През 1970 година отново започва широкото прилагане на ECSE в очната хирургия, като тази техника измества предпочитаната до тогава ICSE процедура. Към днешна дата ECSE процедурата и нейният нов вариант - хирургия на катаракта с малък разрез (MSICS) имат успеваемост над 95% [1].

Модерната оперативна техника за отстраняване на катаракта е факоемулсификацията, наричана за по-кратко фако. За първи път е представена през 1967 година от американски офталмолог на име Чарлс Келман. Различното при този тип техника е, че се работи през по-малки отвори 3-4мм и чрез ултразвук се емулсифицира и отстранява помътненото лещено съдържимо. Техниката за факоемулсификация продължава да се развива и усъвършенства с годините и се доказва като най-надежната и успешна методика до момента. Към днешна дата това е и най-често провежданата операция в световен мащаб [3].

Паралелно с бързото развитие на катаракталната хирургия се наблюдава и втори вид революционно напредване в офталмологията -изобретяването на добре поносима вътреочна леща. За първи път опит за имплантиране на вътреочна леща е описан през 1795 година. Тази ВОЛ е била направена от стъкло и наречена на своя изобретател Касаамата, след имплантацията се е луксирала поарди тежестта си [6].

Истинското начало на технологията за създаване на вътреочни лещи е поставено по време на Втората световна война. Сър Харолд Ридли е бил дежурен очен хирург, който се грижел за катастрофирани пилоти. Той забелязва, че малки парчета материал от куполите на самолети (т.е. PMMA от катастрофирани самолети), които проникват в окото по време на катастрофата, не предизвикват възпалителна реакция. Материалът не се отхвърля от тялото и остава инертен в окото.

Ридли установява, че този материал може да бъде идеален за създаване на изкуствена леща. След подробно проучване, сър Харолд Ридли имплантира първата ВОЛ на 27 ноември 1947 г. в болница Сейнт Томас в Лондон. Лещата наречена Transpex I (Rayner, Brighton Hove, UK), е била успешно имплантирана в окото на 45-годишна жена. [6]

През 70-те години на миналия век имплантирането на ВОЛ след операция на катаракта се счита за стандартна процедура.

Разработването на различни по вид материали за изработка на ВОЛ позволява създаването на по- прецизни и по-модерни лещи. С развитието на катаракталната хирургия и напредването на техниките очакванията на пациентите за добри постоперативни резултати се увеличават. През последните две десетилетия оперативното лечение на катарактата навлезе в нов етап – с появата на Е-ДОФ и мултифокални ВОЛ, тя стана рефрактивна процедура. Развитието на методите, апаратите и формулите за изчисляване на IOL доведе до по-прецизни следоперативни рефрактивни резултати. Свободата от очила след операция на катаракта вече е по-скоро очакване, отколкото обикновена възможност. Хирурзите на катаракта непрекъснато оценяват следоперативните резултати и данни, за да персонализират формулите за изчисление на лещите, за да постигнат по-добри рефрактивни резултати [1].

Има множество публикации изследващи и сравняващи различни типове ВОЛ според групата към която спадат, и удовлетвореността на пациентите, до момента е установено, че не всяка ВОЛ е подходяща за всеки пациент. Изследването на различни параметри пред-и постоперативно позволява по-добро разбиране и модифициране на оперативните резултати и индивидуализиране на подхода и избора на ВОЛ за всеки пациент.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ:

Целта на настоящото проучване е да установи наличието на връзка между различни фактори от страна на изследваните очи като: зрителна острота, наличие на роговични аберации, контрастна чувствителност, наличие на дисфотопии и време на разкъсване на слъзния филм, изследвани пред- и постоперативно, и тяхното влияние върху характеристиките на качеството на зрението при пациенти имплантирани с различни типове вътреочни лещи.

За постигането на гореизложената цел са поставени следните ЗАДАЧИ:

1. Да се направи подробен литературен обзор по темата
2. Да се изследват и анализират зрителна острота за далеч, близо (35см) и средно (70см) разстояние преди оперативната интервенция, на втора седмица, трети и шести месец след операцията при очи имплантирани с различни видове ВОЛ
3. Да се изследва и анализира контрастна чувствителност пред и постоперативно като характеристика на качеството на образа при очи имплантирани с различни видове ВОЛ
4. Да се изследват и анализират роговични аберации пред и постоперативно чрез извършване на аберометрия и да се установи влиянието им върху качеството на зрението при различните видове лещи
5. Да се изследва влиянието на ъгъл Алфа и ъгъл Капа и да се установи наличие на отклонения предоперативно и дали то има влияние върху постоперативното качество на образа
6. Да се изследва и анализира време на разкъсване на слъзен филм пред и постоперативно и неговото значение за постоперативното качество на образа в зависимост от вида ВОЛ
7. Да се анализира удовлетвореността на пациентите чрез въпросник под формата на интервю

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА:

3.1 Методика

3.1.1 Инструментарии

3.1.1.1 Методи и апаратура за изследване на роговични аберации

Аберациите на роговицата доказано водят до влошаване на качеството на зрението, проблеми като замъглено или изкривено зрение, отблясъци, ореоли и лошо нощно виждане. Аберации от висок порядък, като сферични аберации, кома, имат по-голямо влияние върху качеството на зрението [138].

Изследването и разбирането на аберациите на роговицата подпомага хирурга при избора на ВОЛ, с оглед компенсиране или коригиране на налични аберации, което води до по-добри следоперативни зрителни резултати [139]

Непрекъснатото изследване на аберациите на роговицата стимулира иновациите в диагностичните инструменти, хирургичните техники и вътреочните лещи [140]..

Изследването на роговичните аберации извършено с апарат - i-Trace на компанията Tracey Technologies. iTrace е aberометър който извършва както WAVE FRONT aberометрия, така и топография на роговицата. След улавяне на тези две отделни измервания с ray tracing и Placido дискове технология, iTrace извършва пълен анализ и генерира картина максимално подобна на зрителната функция на пациента. iTrace е единственото устройство, което използва ray tracing технология за анализ на вълновия фронт, чрез последователно проектиране на 64 успоредни лазерни лъчи с дължина на вълната 655 nm, на различни места на ретината - общо 256 точки. Позициите на всички тези лъчи се картографират, образувайки диаграма на ретината (Retinal Spot Diagram, RSD) и вълновият фронт се реконструира чрез анализ на всеки обратно отразен лъч, уловена от референтни линейни сензори X и Y в апарата [141]. Прегледът точка по точка на този модел дава представа за цялостната зрителна функция и качество на зрението на пациента [142]. iTRACE предоставя резултати индивидуално за корнеални и вътрешни аберации в допълнение към общите аберации и има огромна полза за предоперативна оценка и планиране при катарактална и рефрактивна хирургия.

3.1.1.1.1 Snellen Letter графика представена от апарата показва общо наличните аберации или само тези от висок порядък като позволява обективно определяне на зрителния дискомфорт и качеството на зрението на пациента. Изкривената диаграма на RSD също насочва към наличието на множество аберации в изследваното око.

3.1.1.1.2 Топография на роговицата - Осигурява детайлно картографиране на предната повърхност на роговицата, като измерва кривината, формата и силата на пречупване на роговицата. Това позволява откриване и диагностициране на състояния на роговицата като кератоконус, астигматизъм и изследване на налични постоперативни промени.

3.1.1.1.3 Анализ на зрителната функция – използвана е програмата «Качество на зрението», която интегрира и анализира aberометрични и топографски данни, за оценка на приноса на роговицата и естествената леща към цялостното зрително представяне. Чрез оценка на показатели като модулационна трансферна функция, съотношение на Strehl и функция на разпръскване на точки, тя определя количествено оптичното качество и дава прогноза за въздействието върху зрението.

3.1.1.1.4 Симулирана зрителна острота – тази функционалност е използвана за симулиране на зрителна острота при различни условия на осветеност и размери на зеницата, като помага за по-добра оценка на качеството на зрението в реалния свят.

3.1.1.1.5 Анализ на Zernike – апаратът представя данните за Wavefront аберациите в полиноми на Зернике, които са най-разпространени в литературата [120] за да анализира специфични аберации като кома, трефойл, сферична аберация и други.

3.1.1.2 Методи и апаратура за изследване ЗО, извършване на офталмоскопия и тонометрия

3.1.1.2.1 Зрителната острота предоперативно беше изследвана с таблиците Снелен при константно осветление от разстояние 4 m с максимална рефракционна корекция. Таблицата представя визуса като логаритмична стойност от минималния ъгъл на резолюция (logMAR).

Зрителна острота в цялата популация беше изследвана както следва:

- за далеч със стандартна Snellen chart таблица
- за близко (35cm) разстояние със стандартна таблица с цифри
- за средно(70cm) разстояние с таблица с оптоотипи на Ландолт

Резултатите са представени в десетично математическо изражение до първия знак след десетичната запетая.

Разпределение на популацията пациенти в групи според ЗО за далечно разстояние. Пациентите бяха разделени на следните три групи: група 1 със ЗО до 0,1, група 2 от 0,1 до 0,5, и група 3 над 0,5.

При изследването на ЗО за средно разстояние, пациентите са разпределени отново в три групи: група 1 със ЗО до 0,4, група 2 от 0,4 до 0,7, и група 3 над 0,7.

При изследването на ЗО за близко разстояние бяха оформени три групи: група 1 със ЗО до 0,1, група 2 от 0,1 до 0,5, и група 3 над 0,5.

3.1.1.2.2 Биомикроскопия, офталмоскопия, тонометрия

При всички болни беше извършен рутинен офталмологичен преглед предоперативно включващ апланационна тонометрия с Goldmann тонометър, биомикроскопия и офталмоскопия на шпалт-лампа с цялостно изследване на ретината с +78 dptr. леща.

3.1.1.3. Изследване на контрастна чувствителност - тестването на контрастната чувствителност беше извършено с таблицата на Pelly – Robson от 1 m разстояние с максималната рефракционна корекция при константно осветление.

Тестът за контрастна чувствителност е решаващ компонент от оценката на качеството на зрението, който оценява способността на зрителната система да прави разлика между различните нива на яркост (контраст) между обект и неговият фон. Този компонент от зрението отразява зрителната способност в реалния свят, която стандартните тестове за зрителна острота не изследват. Диаграмата за контрастна чувствителност на Pelli-Robson е един от най-широко използваните инструменти за тази цел.

Диаграмата Pelli-Robson е изградена от букви с еднакъв размер, но различни нива на контраст. Диаграмата се състои от хоризонтални редове от главни букви (букви на Слоун), подредени триади. Всеки ред съдържа две тройки, което прави общо шест букви на ред. Всички букви са с еднакъв размер, приблизително равен на размера на буква, която обхваща $2,8^\circ$ зрителен ъгъл при зрително разстояние от 1 метър. Този размер е приблизително еквивалентен на размера на буквите на линията 20/60 на стандартна диаграма на Snellen. Контрастът между буквите и фона намалява прогресивно от горната към долната част на таблицата. Контрастът се изразява като логаритъм от контрастната чувствителност, като всяка следваща тройка от букви има намаление на контраста с 0,15 логаритмични единици. Това съответства на приблизително намаляване наполовина на контраста на всеки два реда. Резултатът се определя от най-ниското ниво на контраст (или ред), при което пациентът идентифицира правилно поне две от три букви в триплет, като се изразява в единици за логаритмична контрастна чувствителност - резултат от 2,0 показва отлична контрастна чувствителност, докато резултат под 1,5 може да предполага нарушена контрастна чувствителност.

Диаграмата Pelli-Robson е стандартизирана и лесна за използване, което я прави подходяща за клинични изследвания.

Пациентите бяха разпределени според резултатите в три групи: група 1: до 0,9, група 2: от 0,9 до 1,65, група 3 над 1,65. Контрастна чувствителност беше изследвана предоперативно, на втора седмица, трети и шести месец след операцията.

3.1.1.4. Изследване на ъгъл Алфа и Капа е извършено с апарат iTrace, на компанията Traceseu използващ Ray Tracing технология. Той съчетава aberометрия, рефрактометрия, и топография на роговицата, за осигуряване на цялостен анализ на зрителната функция [142]. След това резултатът се сравнява с други оптични оси, като оптичната ос и оста на зеницата. Представя подробен анализ както на предния, така и на задния сегмент на окото, оценявайки как светлината преминава през различните оптични среди на окото [144]. Има подробни графични данни, показващи ъглите, които могат да насочат хирурзите при определяне на най-добрата възможна центрация на ВОЛ и за планиране на хирургичните процедури за постигане на оптимално качество на ретиналния образ и зрението [145].

3.1.1.5 Изчисляване на ВОЛ – се извърши при всички болни с апарат IOL Master 700 на компанията Zeiss - усъвършенстван оптичен биометър, който се използва за изчисляване на мощността на вътреочната леща (ВОЛ/IOL) при операция на катаракта. Апаратът измерва аксиална дължина, като използва технология OCT (SS-OCT) за измерване на параметъра от епитела на роговицата до пигментния епител на ретината (РПЕ). Кератометрия (К-стойности) измерва кривината на роговицата по стръмния и плоския меридиан, за да оцени оптичната мощност на роговицата. Изследва се и дълбочина на предната камера и предно-заден размер на лещата за прогнозиране на ефективната позиция на ВОЛ.

3.1.1.6 Изследване на време на разкъсване на слъзен филм е извършено с апарат Antares на фирмата Von Optics

Диагностичният топограф за изследване на сухо око Antares е многофункционален инструмент, използван за анализ на слъзния филм и оценка на различни състояния на очната повърхност. За целите на проучването е извършено неинвазивно изследване на време разкъсване на слъзния филм за оценка на степента на сухото око, заснети са изображения в реално време и е измерено времето за което слъзният филм остава стабилен, преди да се разпадне [147].

3.2 Хирургична апаратура

3.2.1 Хирургична апаратура за извършване на факоемулсификация

Основните 2 вида апарати за извършване на ФЕ според принципа на действие са вентури-помпа и перисталтична помпа. Факоемулсификацията се извърши с апарата Centurion (Alcon Laboratories, Dublin, CA USA) с използване на перисталтична помпа и накрайникът Active Sentry® с balanced tip на факонакрайника, който разполага с интегриран сензор за налягане за измерване на промените на вътреочното налягане директно на върха, предоставяйки данни в реално време и микро-коаксиална система. Centurion използва OZil® Torsional технология, която позволява на факонакрайника да използва усукващо (осцилиращо), вместо традиционното линейно ултразвуково движение. Това осцилаторно движение емулсифицира лещата с по-голяма ефективност, особено при плътни катаракти. Торзионното движение изисква по-малко енергия за емулсифициране на катарактата, намалява продължителността на операцията, генерира по-малко топлина, като намалява триенето и минимизира риска от изгаряния на роговицата. Също така позволява комбинация от торзионен и лонгитудинален ултразвук.

3.2.2 Хирургична техника

3.2.2.1 Техника на извършване на факоемулсификацията

Техниката на факоемулсификацията е въведена за първи път от д-р Чарлз Келман в края на 60-те години. Вдъхновен от идеята за използването на ултразвукова енергия при стоматологични процедури, Келман адаптира технологията за извършване на катарактална хирургия [149]. Първоначално посрещната със скептицизъм, процедурата в крайна сметка е усъвършенствана през десетилетията, предлагайки множество предимства пред традиционната екстракапсуларна и интракапсуларна екстракция на катаракта. Те включват: по-малък размер на разреза 2,2–2,8 mm в сравнение с по-големите разрези в ЕССЕ, намалявайки времето за възстановяване и риска от постоперативен

астигматизъм, по-бързо възстановяване, по-малък процент на усложнения – фако процедурата намалява честотата на инфекции, усложнения при рани и необходимостта от конци, което го прави по-безопасен вариант за повечето пациенти. Към 90-те години на миналия век факоемулсификацията се превърна в златния стандарт в хирургията на катаракта поради многото предимства, които предлага. Днес, с напредъка на фако машините и технологията за ВОЛ, процедурата продължава да се развива, запазвайки статуса си на най-предпочитания и ефективен метод за отстраняване на катаракта [32].

При всички оперирани болни беше извършена не усложнена факоемулсификация по стандартни методики от двама хирурзи.

След топикална анестезия с Proparacaine hydrochloride 0,5% (Alcaine) бяха направени 3 корнеални инцизии (основна с размер 2,2/2,4 mm и две странични инцизии с размер 1,2 mm), последвано от непрекъснат капсулорексис с приблизителен диаметър от 5,0-5,5 mm, хидродисекция и факоемулсификация на лещеното ядро по методиката divide-and-conquer или chop and stop, последвано от бимануална иригация - аспирация на кортикални лещени маси. Лещената капсула беше изпълнена с натриев хиалуронат 1 % (Provisc, Alcon Laboratories), последвано от имплантация на сгъваема хидрофобна акрилна леща в капсулния сак избрана след обсъждане с лекуващ лекар и съобразена с желанието на пациента и резултатите от предоперативните изследвания. След имплантация на вътреочната леща вискоеластичната субстанция беше евакуирана напълно и в предната камера беше поставен антибиотик Cefuroxime (Axetine) в разреждане 1:100 и разрезите бяха хидратирани. Субконюнктивно беше инжектиран дексаметазонов фосфат (Дексаметазон).

Операцията при всички болни протече без усложнения. Болните в продължение на 4 седмици постоперативно бяха третирани с топикална антибиотична и кортикостероидна терапия с тобрамицин 3 мг/мл 5 мл (Тобримед) и Dexamethasone phosphate 0,1 % (Медексол) 5 пъти дневно и изкуствена сълза 5 пъти дневно. Пациентите бяха проследени постоперативно на 1-ви ден, 2-ра седмица, 3-и и 6-и постоперативен месец.

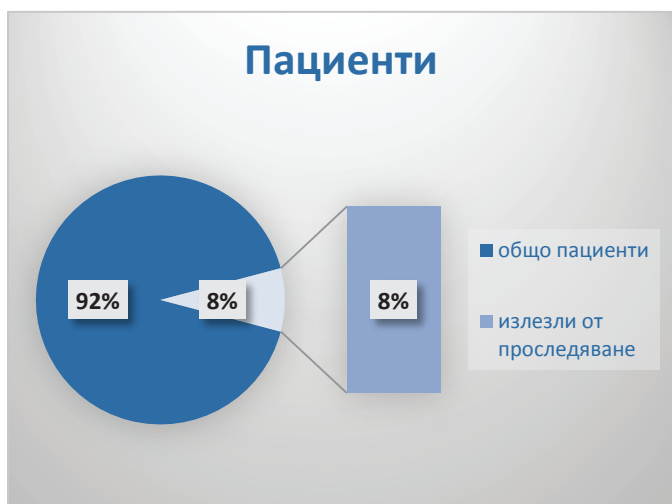
3.3 Материал

3.3.1 Обща характеристика на контингента

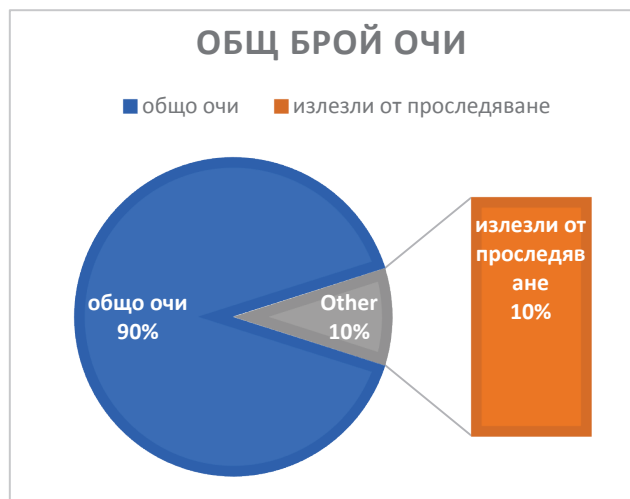
Проспективно кохортно интервенционално проучване е проведено в периода януари 2020 г.- януари 2024г. в СБАЛОБ „Зора”. В проучването са включени общо 224 пациенти (276 очи) пациенти с установена катаракта. От този брой ранно излезли от проследяване са 25 пациента (30 очи) представени във фигури 1 и 2. Видът на катарактата беше класифициран по системата LOCS III (Lens Opacity Classification System III), с изключение на пациентите с извършена clear lens екстракция.

Операциите бяха извършени от двама хирурзи по стандартни техники за факоемулсификация, а проследяването на болните се проведе от д-р Иринкова.

Фиг.1



Фиг.2



Пациентите бяха обособени в следните групи представени във фигура 3:

1-ва група – контрола- имплантирани с монофокална асферична ВОЛ – 19 очи

2-ра група - пациенти имплантирани с Е-ДОФ лещи:

Подгрупа 2А – с тип 3 Е-ДОФ ВОЛ - 57 очи

Подгрупа 2В- с тип-1 Е-ДОФ ВОЛ – 80 очи

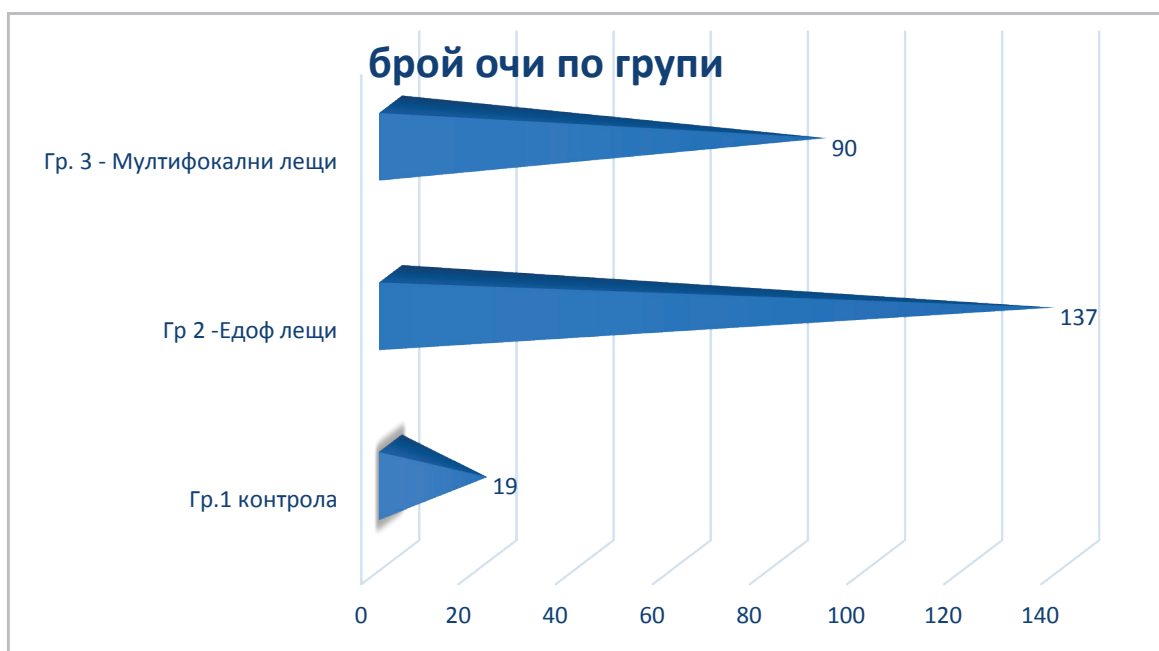
3-а група –пациенти с мултифокални лещи(МФ):

Подгрупа 3А – Тип: хибридна МФ рефрактивна - 35 очи

Подгрупа 3В – Тип: дифрактивна МФ леща – 55 очи

Брой очи от тях с Clear Lens екстракция – 15бр – 6%

Фиг.3



Разпределението на болните по пол беше както следва:

Брой пациенти в общата популация от мъжки пол – 88 пациента или 44,2% и брой пациенти от женски пол -111 пациента или 55,8% представени на фигура 4.

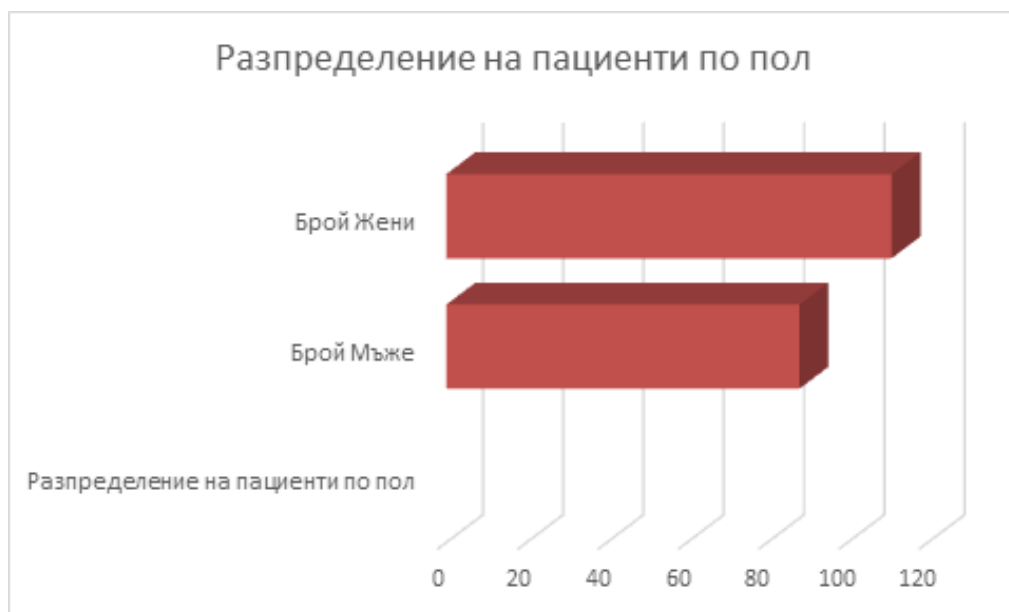
Разпределението в подгрупи е:

1-ва група – контрола- 10 пациента от женски пол и 8 пациента от мъжки пол

2-ра група -пациенти с Е-ДОФ лещи – 61 пациенти от женски и 56 от мъжки пол

3-а група –пациенти с МФ – 40 пациента от женски пол и 24 от мъжки пол

Фиг.4



Разпределение по възраст в популацията се направи в следните три групи представени на фигура 5:

Пациенти до 50 год. са 20 бр. (10%), от 51 до 65 год. включително 48 бр. (24%) и над 65 год. възраст 130 бр. (66%) от популацията. Средна възраст в популацията 67,6 год. (22-87год.)

В група 3В поради спецификата на ВОЛ, се установи най-голям брой пациенти в активна работна възраст – средна възраст 55 год.

Фиг.5



От фигурата и данните се установява, че най-голям дял имат пациентите над 65 годишна възраст.

3.3.2 Постоперативно проследяване на пациентите

Постоперативно бяха извършени контролни прегледи на 2-ра седмица (12-16 ден), 3-ти и 6-ти месец. На всяка визита беше извършен пълен очен преглед, включващ изследване на ЗО, контрастна

чувствителност, изследване на роговични аберации, тъгъл алфа и капа, изследване на време на разкъсване на слъзния филм, биомикроскопия, офталмоскопия и тонометрия.

Динамиката на параметрите беше изследвана като сравнение в стойностите: 2-ра седмица постоперативно спрямо изходното ниво, III-ти месец постоперативно – изходно ниво и VI-ти месец постоперативно – изходно ниво. беше направено сравнение на параметрите от 2-ра седмица с 3-и месец и 6-и месец, както и 3-и с 6-и месец, за проверка на наличие на подобрение или влошаване в стойностите на изследваните параметри.

3.3.3 Настъпили постоперативни усложнения

По време на постоперативното проследяване при 30 очи (11,8%, 25 пациента) се установи наличие на постоперативни усложнения. Най-голям процент - 23 очи (9%) са с вторична катаракта, което според литературата е и най-честото постоперативно усложнение след катарактална екстракция. [150]. При 3 очи (1,2%, 2-а пациенти) се установи синдром на Irvine Gas. При тези пациенти са извърши преглед по желание на пациента преди посочения период на проследяване (2-ри месец) поради оплакване от намаление на зрителната острота. При двамата пациенти беше назначено лечение с НПВС кохир за 2 седмици и се направи по една парабулбарна инжекция с кортикостероид с удължено действие на всеки пациент. Състоянието беше овладяно до следващия преглед и при нито един пациент не се установи рецидив в периода на наблюдение. При 4 очи (1,6%, 4 пациента) се установи тилт на IOL. В периода на проследяване състоянието остана стабилно и не се наложи репозиция на IOL или друга интервенция.

Таб.2

Постоперативни усложнения	брой очи
Синдром на Irvine Gas	3
вторична катаракта	23
Тилт на IOL	4

3.3.4 Наличие на дисфотопсии постоперативно в популацията

В настоящото проучване 9 пациента имаха оплаквания от налични дисфотопсии. Само 2,4% от субектите (6 пациенти) останаха с персистиращи такива до 6-я месец след оперативното лечение. По литературни данни до този период се очаква да завърши процесът на невроадаптация на мозъка към новата вътреочна леща. При тези пациенти не се установява адекватна адаптация към ВОЛ, феномен, наблюдаван при различни клинични изпитвания, включващи основно мултифокални вътреочни лещи. Тези пациенти продължават да изпитват значителни зрителни смущения като ореоли, отблясъци и глеър. Устойчивостта на тези симптоми, въпреки очаквания период на невроадаптация, показва сложността на обработката на подадената зрителна информация към мозъка при имплантирането на мултифокални ВОЛ [109]. Разпределението в популацията по период и група е представено в таблица 3.

Таб.3

Пациенти с постоперативни дисфотопсии	група 1	Група 2А	Група 2В	Група 3А	Група 3В
2 седмица постоперативно	0	1	3	2	3
3 месец постоперативно	0	1	3	2	3
6 месец постоперативно	0	1	2	0	3

Наблюдават се 2-а пациенти (3 очи) с оплаквания от група 2 – имплантирани с Е-ДОФ ВОЛ и 2-а (3 очи) от група 3 В имплантирани с мултифокални ВОЛ.

Таб.4 Разпределение според вида докладвани дисфотопсии

Тип дисфотопсии	Хало	Глеър	Отблясъци
2 седмица постоперативно	7	2	1
3 месец постоперативно	7	2	1
6 месес постоперативно	5	1	1

3.4. Използвани статистически методи

3.4.1. Статистически анализ на данни с SPSS 19.0

Статистическите анализи и обработки са направени със SPSS 19.0. SPSS (Статистически пакет за социални науки) е широко използван софтуерен инструмент за анализ на данни, предлагащ разнообразие от статистически функции и инструменти за визуализацията им. В този анализ ние използвахме SPSS 19.0 за извършване на описателна статистика, инференциални тестове и усъвършенствани многовариантни анализи, за да се изследват връзките между променливите и за тестване на хипотезите на изследването.

3.4.1.1. Точен тест на Фишър

Проведен е диагностичен анализ за оценка на наличието на статистически значими ефекти чрез проверка на статистически хипотези относно наличие на определена връзка в променливи, измервани на слаби скали. Този анализ е извършен с помощта на „точни“ емпирични показатели на Фишер (Fisher exact test) за разлика между два наблюдавани относителни дяла [151]. Този статистически метод, използван за определяне дали има неслучайни асоциации между две категориални променливи в таблица за непредвидени обстоятелства, се използва особено когато размерите на извадката са малки. Той е полезен, когато очакваните честоти в някоя от клетките са по-малки от 5, което прави теста Хи-квадрат по-малко надежден. Тестът се използва с двоични или категориални променливи, където резултатите могат да бъдат категоризирани в две групи. Точният тест на Фишър изчислява точната вероятност за наблюдение на таблица, поне толкова екстремна, колкото тази, получена при предположението, че нулевата хипотеза е вярна. Тестът използва хипергеометричното разпределение за изчисляване на тези вероятности [152].

Интерпретиране на р-стойността:

- Ако (p) -стойност $<$ алфа ниво (обикновено 0,05), се отхвърля нулевата хипотеза, което предполага статистически значима връзка между двете категориални променливи.
- Ако (p) -стойност $>$ алфа ниво, не се успява да се отхвърли нулевата хипотеза, което означава, че няма достатъчно доказателства, които да предполагат връзка.

Предимства на точния тест на Фишер са: за разлика от приблизителните методи като Хи-квадрат, тестът на Фишер дава точна р-стойност. Той е специално проектиран да се справя с по-малки размери проби. Чрез използването на точния тест на Фишър могат да се направят надеждни заключения относно асоциациите в данните, дори при по-малки и/или ограничени извадки.

3.4.1.2. Проверката за наличието на статистическа значимост между количествени променливи е осъществена чрез t-test или, когато са нарушени неговите изисквания, чрез непараметричен аналог – Mann-Whitney test.

T-тест е статистически метод, използван в това проучване за определяне дали има значителна разлика между средните стойности на зададените групи. T-тестовите са от решаващо значение за сравняване на групи и могат да помогнат да се отговори на изследователските въпроси за това дали наблюдаваните разлики се дължат на случайност или отразяват истински разлики в популацията [153].

U-тестът на Mann-Whitney е известен още като тест за ранг-сума на Wilcoxon, е непараметричен статистически тест, използван за сравняване на разликите между две независими групи. За

разлика от Т-теста, който сравнява средствата, приемайки нормално разпределение, Ман-Уитни сравнява класираните данни от две независими групи, без да приема нормално разпределение. Това го прави идеален за обикновени данни или непрекъснати данни, които не са нормално разпределени [155].

3.4.1.3. Приложен е и непараметричен анализ за проявено влияние чрез корелационен коефициент на Спирман, който е приет за адекватен, поради нарушаване на изискванията за нормалност в тестваните разпределения.

Коефициентът на рангова корелация на Спирман е непараметрична мярка, чрез която се оценява силата и посоката на връзката между променливи чрез измерване на степента, в която те следват монотонна връзка. Този анализ не разчита на предположението за нормалност, което го прави приложим в настоящото проучване за оценка дали връзката между изследваните променливи е монотонна, което означава, че когато едната променлива се увеличава, другата променлива постоянно се увеличава или намалява. Този метод е особено полезен при анализиране на нелинейни връзки, които показват последователна насочена тенденция, което го прави безценен инструмент в областта на медицина, където данните често не отговарят на параметричните допускания [156].

Тълкуване

- $\rho = +1$: Перфектна положителна монотонна връзка. Когато една променлива се увеличава, другата се увеличава.

- $\rho = -1$: Перфектна отрицателна монотонна връзка. Когато една променлива нараства, другата намалява.

- $\rho = 0$: Няма връзка между ранговете на двете променливи.

В тази дисертационен труд ранговата корелация на Spearman е използвана за изследване на потенциални връзки между променливи като резултати за удовлетвореност на пациентите и клинични резултати при след хирургично възстановяване. Изборът на корелацията на Spearman е оправдан от ординалния характер на данните за удовлетвореност и отсъствието на строго линейна връзка между изследваните променливи. Чрез този метод ще бъдат получени стабилни прозрения за потенциалните монотонни асоциации, осигуряващи по-нюансирано разбиране на резултатите от пациентите.

3.4.2 Оценка

За оценка на нивото на значимост на определени емпирични характеристики са използвани базираните на предположения относно разпределението на тестваните признаци нива. Като гранична стойност за равнището на значимост (p - стойност) се приема 0.05, освен ако не е изрично отбелязана друга стойност. Съответните оценки за значимостта на определена емпирична характеристика на гореописаните тестове се сравнява с тази гранична стойност от 0.05. Ако тя е по-малка от 0.05, тествания ефект се приема за статистически значим, ако е по-голяма от 0.05, тествания ефект се приема за статистически незначим.

3.4.3 Тълкуване на резултатите

Резултатите от статистическите анализи са обсъждани във връзка с изследователските въпроси и хипотези. Подчертани са съществени връзки и разлики с тълкувания, основани на съответните теоретични рамки.

Резултатите, получени от различните тестове и анализи, поставиха основата за последващо обсъждане и тълкуване на констатациите, които ще бъдат представени в следващата глава.

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ:

Тази глава представя резултатите от проследяването на пациентите след претърпяна операция на катаракта и имплантирани с моно-, Е-ДОФ или мултифокални ВОЛ, които са претърпели неусложнени процедури. Всички пациенти в това проучване са оперирани с помощта на стандартни техники на факоемулсификация. Следоперативните резултати се анализират от гледна точка на подобрене на зрителната острота за далеч, средно и близко разстояние, контрастна чувствителност, влиянието на роговичните аберации, ъгъл Алфа и Капа и време на разкъсване на слъзния филм върху тези характеристики на зрението. Изследвана е и удовлетвореност на пациентите чрез въпросник под формата на интервю.

Анализът на резултатите представя влиянието на роговичните аберации върху на ретиналния образ при очи с имплантирани различни видове ВОЛ след операция на катаракта.

4.1. Резултати от операцията. Обща характеристика

Не се наблюдаваха значителни разлики между 3-те групи болни в по отношение на параметрите на операцията - времето и мощността на използвания ултразвук. При всички оперирани болни беше извършена неусложнена факоемулсификация по стандартни методики от двама хирурзи.

4.2. Проследяване на пациентите

От първоначалните 224 души, 199 бяха проследени в разстояние на 6 месеца. При тях не липсваха данни, необходими за извършването на статистическия анализ. От общата популация 17 пациенти не спазиха контролните прегледи – 10 поради заболяване от Ковид-19 и невъзможност за явяване в клиниката, 5 поради хоспитализации за налични общи заболявания и 2 поради отказ от преглед. Двама болни са установени с макулна дегенерация свързана с възрастта, която повлиява зрителната острота, двама пациенти са претърпели парс-прана витректомия в рамките на проследяването. Всички тези болни бяха изключени от изследването.

Трима пациенти развиха оток на роговицата постоперативно, който беше третиран чрез инжектиране на Дипрофос парабулбарно и топикално приложение на препарата ODM-5 4 пъти по 1 капка дневно за 3 седмици до пълно възстановяване. Поради влияние на състоянието върху резултатите те отпаднаха от проследяване. При една пациентка на първата седмица постоперативно се установи тиндал 3+ и се извърши лечение с Максидекс 5 по 1 капка и субконюнктивна инжекция Diprophos. До първия постоперативен месец състоянието се нормализира, но пациентката също отпадна от проучването.

При 1 пациент от 2-А група и един от 2-В група е установена ЕРМ предоперативно, състоянието в периода на проследяване не е наложило оперативно лечение или повлияло върху постоперативните резултати.

2-а пациенти от 2-В група са претърпели парс плана витректомия, след която се е развила катаракта. Една пациентка от същата група е с диабет и завършен ПАЛК без установен диабетен макулен оток преди операцията или в хода на проследяването.

С clear-lens екстракция са 10 очи от група 3-А и 5 очи от група 3-В.

В популацията нямаше данни за повишено вътреочно налягане на оперираното око (ВОН) преди операцията или по време на контролните прегледи в постоперативния период. Четиримата пациенти с установена глаукома бяха добре компенсирани с терапия предоперативно и без усложнения след проведената оперативна интервенция.

В рамките на шест месечното проследяване са откриха 23 пациенти с опацификация на задна лещена капсула. При 2-а пациенти от група 2-В и 1 от група 3-В се установи евентуално отношение на вторичната катаракта към зрителната острота. При един пациент от група 2-В се извърши YAG – капсулотомия (yttrium – aluminium - garnet (YAG) капсулотомия). В тази проучвана популация не са наблюдавани големи следоперативни усложнения, като ендофталмит при нито един пациент.

4.3. Постоперативни резултати

4.3.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA)

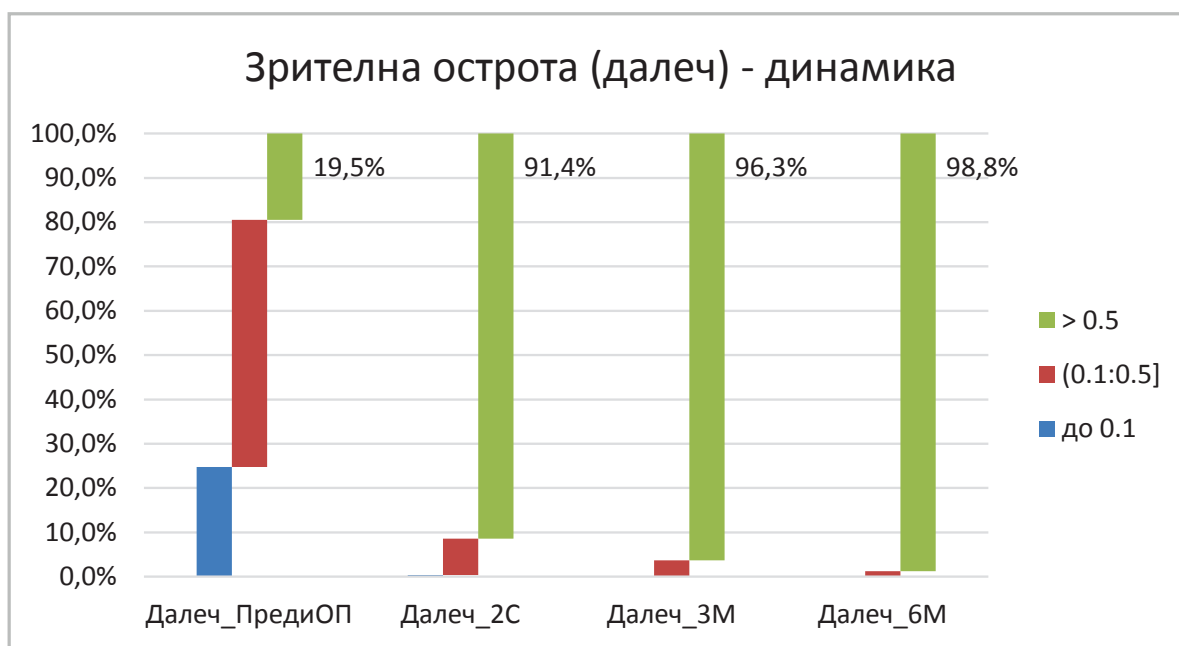
От статистическият анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далеч в цялата популация се установява значимо подобрене на втора седмица, последвано от стабилна тенденция за подобрене към трети и шести месец, при сравнение с изходното ниво. При сравнение на BCDVA от втора седмица към трети и шести месец отново се установява статистически значимо подобрене. В периода трети към шести месец се установява математическо подобрене на изследвания параметър без да има статистическо такова.

В таблица 4.3.1 и графика 4.3.1 са представени резултатите в цялата популация и промяната в изследваните периоди. С BCDVA над 0,5 са 19,5%, а на втора седмица постоперативно този процент е 91,4% - със значимо подобрене, на трети месец 96,3%, а на шести месец 98,8% от оперираните болни са преминали в тази група. Тенденцията на подобрене се запазва в периода на проследяване.

Таб.4.3.1.

Зрителна острота	Пре-ОП		2 седмица		3-и месец		6-и месец	
	N	Valid %ПОП	N	Valid %2С	N	Valid %3М	N	Valid %6М
till 0.1	61	24,8	1	0,4	-	-	-	-
(0.1:0.5]	137	55,7	20	8,2	9	3,7	3	1,2
0.5+	48	19,5	224	91,4	236	96,3	242	98,8
Total valid	246	100	245	100	245	100	245	100
p values*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
till 0.1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0556	0,0006	0,1439		
0.5+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0381	0,0003	0,1439		

Фиг.4.3.1



4.3.2 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA) в популацията

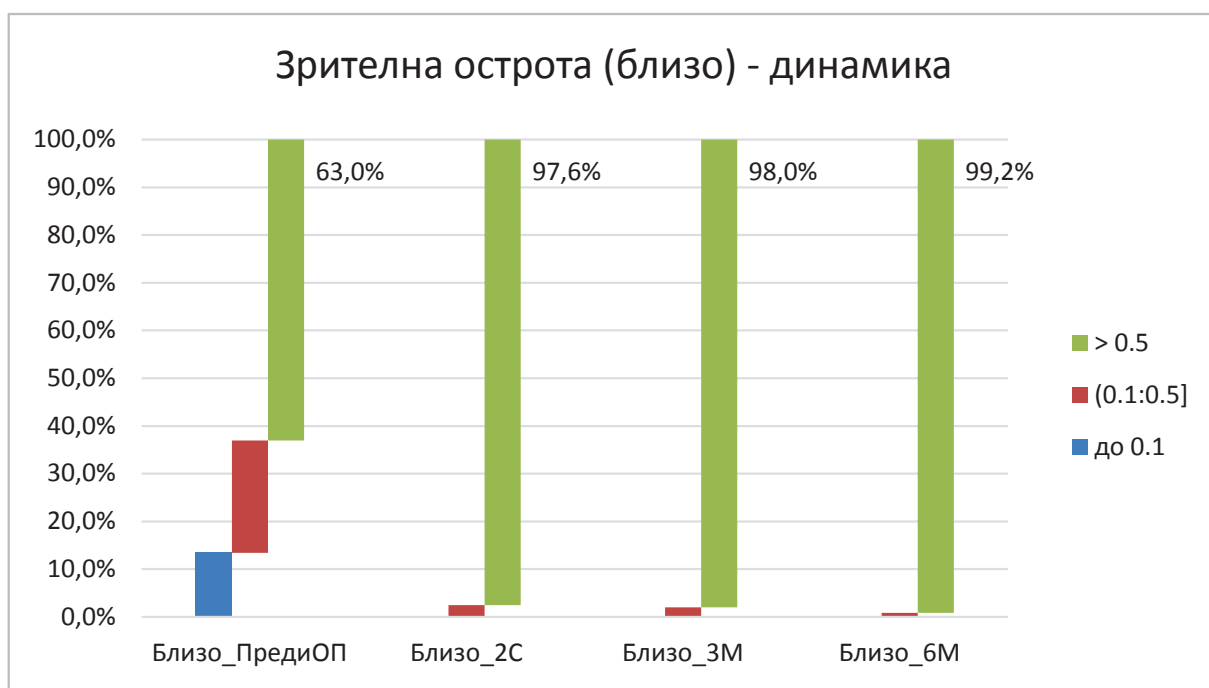
В цялата кохорта средна BCNVA преди оперативното лечение е 0,6, с 11 очи имащи резултат под 0,1. По групи – средната стойност за 1-ва група е 0,57, за 2-ра група 0,53 и за 3-а група 0,71. От статистическият анализ на най-добре коригирана зрителна острота се установява резултат повтарящ този на BCDVA - значимо подобрене на втора седмица, последвано от продължаване на тенденцията към трети и шести месец, при сравнение с изходното ниво. При сравнение на втора седмица към трети и шести месец не се установява статистически значимо подобрене. Към края на периода 99,2% от пациентите са достигнали нива над 0,5.

В таблица 4.3.2 и фигура 4.3.2 са представени резултатите в цялата популация и промяната в изследваните периоди. От популацията пред оперативно в категорията над 0,5 са 62,9%, на втора седмица постоперативно този процент е 98% - със значимо подобрене, като тенденцията се запазва в периода на проследяване и без вторично значимо влошаване.

Таб.4.3.2

Зрителна острота	Зрение Близо Пре ОП		Зрение Близо 2С		Зрение Близо 3М		Зрение Близо 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	33	13,5%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	59	23,7%	6	2,0%	5	2,0%	2	0,8%
> 0.5	154	62,9%	240	98,0%	241	98,0%	244	99,2%
Общо валидни	246	100%	246	100%	246	100%	246	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,4464	0,4464		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,4464	0,4464		

Фиг.4.3.2



4.3.3 Анализ на контрастна чувствителност в популацията

В популацията при анализът на контрастната чувствителност извършен с таблицата на Пели-Робсън пациентите бяха разпределени в три групи според резултатите както следва - до 0,9, от 0,9 до 1,65 и над 1,65.

Средната стойност на КЧ пред операция беше 0,7, разпределението в групите е 1-ва група - 0,65, 2-ра група – 0,64, 3-а група 0,82.

Постоперативно на втора седмица средната КЧ е 1,64 – наблюдава се чувствително подобрение. Направеният статистически анализ на Фишер показва значително подобрение от изходните стойности към втора седмица за всички очи включени в проучването.

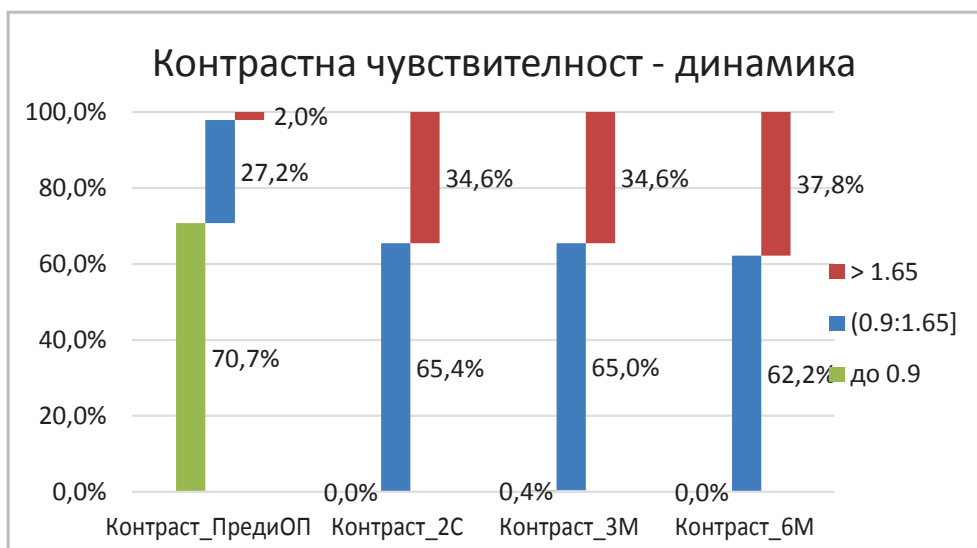
След това нивата се запазват, т.е. няма вторично значимо влошаване. Тази тенденция се запазва и при следващите периоди на проследяване. На таблица 4.3.3. са представени резултати от анализа. Заслужава да се отбележи, че голяма група от изследваните очи остават с КЧ между 0,9-1,65 65% за трети месец и 62,2% за шести месец.

Таб. 4.3.3

Контрастна чувствителност	Контраст Пре ОП		Контраст 2С		Контраст 3М		Контраст 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	174	70,7%	-	-	1	0,4%	-	-
(0.9:1.65]	67	27,2%	161	65,4%	160	65,0%	153	62,2%
> 1.65	5	2,0%	85	34,6%	85	34,6%	93	37,8%
Общо валидни	246	100%	246	100%	246	100%	246	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.9	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.9:1.65]	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,5113	0,5739		
> 1.65	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,5113	0,5113		

Фигура 4.3.3. визуализира разпределението в популацията и дяловете във всяка група. Нивата се запазват сравнително стабилни по време на цялото проследяване. В шести месец се наблюдава леко намаление на общата КЧ.

Фиг.4.3.3



4.3.4 Анализ на роговични аберации

В хода на проследяването на пациентите и на база анализът на резултатите, както и по литературни данни се диференцираха две основни роговични аберации, срещащи се най-често в популацията (и според литературата) имащи най-голямо влияние върху качеството на ретиналния образ и зрението – кома и трефойл [157].

Поради голямата честота на дефокус в изследваните очи се реши да се включи в статистическия анализ, въпреки че според пирамидата на Зернике спада към втори ред аберации, за които се приема че нямат влияние върху качеството на зрението.

Сферични аберации заедно с други по-рядко срещани такива се групираха в отделна група обозначена като „други“.

В цялата популация аберациите се разглеждат поотделно и се взима предвид, че не всички пациенти имаха установени аберации пред оперативно и в едно око може да има няколко различни аберации [125]. За зона на значимост са приети стойности от измерванията над 0,4 подадени от апарат iTrace и заложени в софтуера като значими за качеството на ретиналния образ и на зрението.

Общо 65,9 % от очите в изследването са с установени аберации преди оперативното лечение. От тях най-голям брой са имали дефокус - 140 (54,3%), след това кома 66 (25,6%), с трефойл са установени 38 (14,7%), а в групата - други са 14 очи (5,4%).

От направения анализ на Фишер се установява тенденция за значимо намаляване на аберациите постоперативно, дори и в ранния период на втора седмица. В таблица 4.3.4.1 са представени резултатите от направения статистически анализ от всички периоди на проследяването.

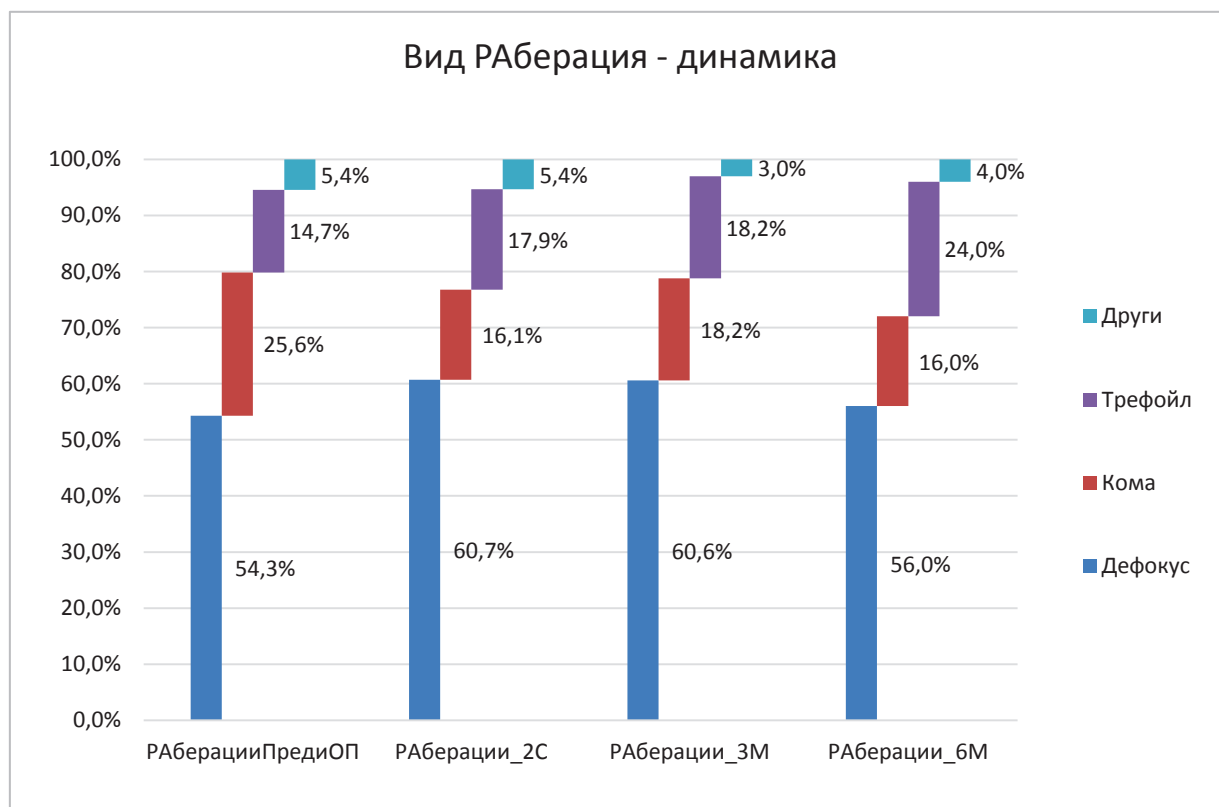
Таб. 4.3.4.1

РАберации	Аберации Пре ОП		Аберации 2 Седм.		Аберации 3М		Аберации 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	162	65,9%	43	17,5%	28	11,4%	22	8,9%
Дефокус	140	54,3%	34	60,7%	20	60,6%	14	56,0%
Кома	66	25,6%	9	16,1%	6	18,2%	4	16,0%
Трефойл	38	14,7%	10	17,9%	6	18,2%	6	24,0%
Други	14	5,4%	3	5,4%	1	3,0%	1	4,0%
Общо РАберации	258	100%	56	100%	33	100%	25	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Вид РАберации	0,0000	0,0000	0,0000	0,0725	0,0077	0,4556		
Дефокус	0,4642	0,6144	1,0000	1,0000	0,8775	0,9334		
Кома	0,1802	0,4756	0,4137	1,0000	1,0000	1,0000		
Трефойл	0,7003	0,7922	0,3511	1,0000	0,7343	0,8302		
Други	1,0000	0,8665	1,0000	1,0000	1,0000	1		

В хода на проследяване се установява тенденция на намаление на броя на пациенти в различните групи проявяващи аберации. Количественото натрупване на данни в общата група води до изява на статистическата значимост. В структурата на проявата на различните аберации, разделени по вид, не се наблюдава значима промяна по периоди и те се запазват стабилни във времето.

Фигура 4.3.4.1 и представя разпределението на аберациите в популацията в периода на наблюдение

Фиг. 4.3.4.1



От таблицата и графиката се заключава, че няма статистически значими промени в разпределението и вида на аберациите постоперативно спрямо изходното ниво.

За проверка на връзката между качеството на ретиналния образ и наличието на аберации се направи непараметричен корелационен анализ на Спирман спрямо най-добре коригираната зрителна острота за далеч.

В таблица 4.3.4.2 са обобщени резултатите.

Таб. 4.3.4.2

Spearman r^{**}	ПОП	2С	3М	6М
Брой РАберации	-0,295	-0,049	0,003	0,035
Дефокус	-0,120	-0,045	-0,021	0,027
Кома	-0,262	-0,017	0,031	0,014
Трефойл	-0,335	-0,084	0,031	0,018
Други	-0,248	0,034	0,013	0,007

Установява се негативна значима корелация между наличието на аберации и зрителната острота, водеща до заключението, че наличието на повече аберации има негативно въздействие върху зрителната острота. За всички видове изследвани аберации се установи, че по-голяма стойност на измерените нива води към влошаване на BCDVA и качеството на образа. От постоперативното проследяване се наблюдава налична негативна корелация, която не е статистически значима.

4.3.5 Анализ на ъгъл Алфа и ъгъл Капа

Ъгъл алфа и ъгъл капа описват пространствената връзка между ключовите зрителни оси в окото. И двата ъгъла са важни в контекста на имплантиране на вътреочна леща, където правилното подравняване на лещата спрямо зрителната ос е от съществено значение за оптимални визуални резултати.

Разбирането и измерването на ъглите алфа и капа е от решаващо значение за планирането в катаракталната хирургия, избор на подходящи ВОЛ и точното им центриране. При пациенти с големи стойности монофокалните или EDOF лещите са предпочитани пред мултифокалните лещи, за да се намали рискът от дисфотопсии [158].

В настоящото проучване е използван апарат iTrace за изследване на тези параметри, като стойности над 0,3 са приети за значимо отклонение от нормата, възможно до доведе до поява на дисфотопсии постоперативно. В анализа пациентите са разпределени в три групи според математическата стойност на измерването от апарата на съответния ъгъл. Група 1 -до 0,3, група 2 от 0,3 до 0,5, група 3 над 0,5.

В постоперативния анализ на втора седмица се установява значима динамика в групата до 0.3, която се проявява до последното измерване на шести месец. В таблица 4.3.5.1 са представени резултатите от анализа. Не се наблюдава значима динамика в процентното съотношение пред и постоперативно в групите, но от статистическият анализ се наблюдава промяна в групи 1 и 3 на трети и шести постоперативен месец спрямо изходното ниво, както и между резултатите от втора седмица и шести месец.

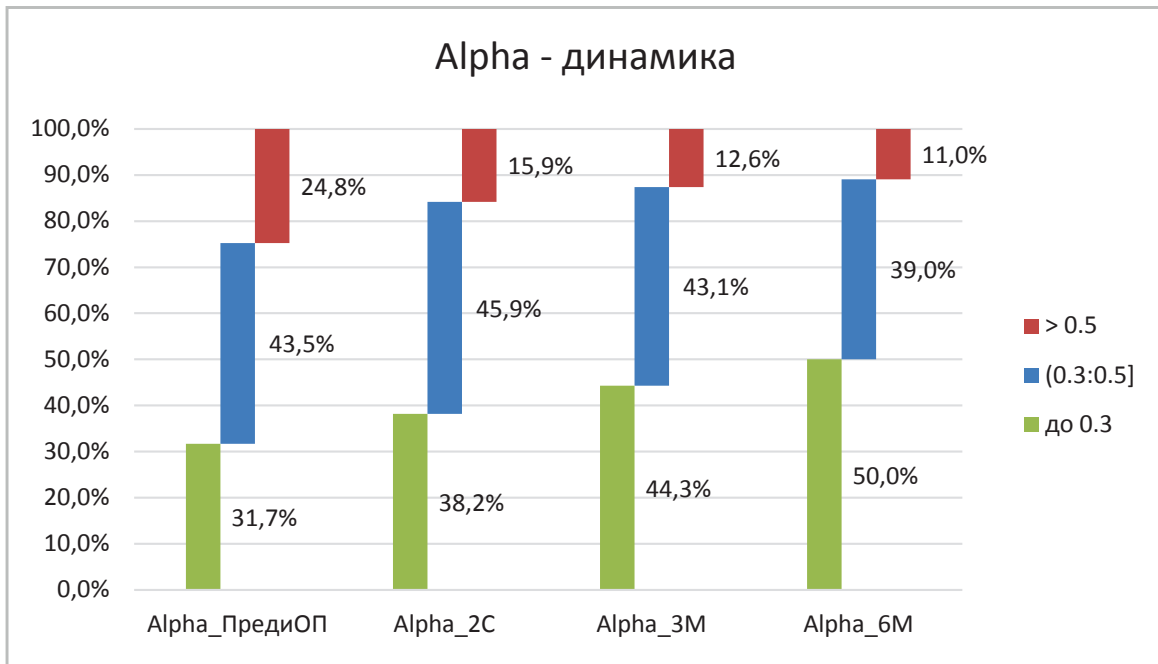
Таб. 4.3.5.1

Alpha	Alpha Пре ОП		Alpha 2С		Alpha 3М		Alpha 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.3	78	31,7%	94	38,2%	109	44,3%	123	50,0%
(0.3:0.5]	107	43,5%	113	45,9%	106	43,1%	96	39,0%
> 0.5	61	24,8%	39	15,9%	31	12,6%	27	11,0%
Общо валидни	246	100%	246	100%	246	100%	246	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.3	0,1561	0,0053	0,0000	0,1998	0,0110	0,2403		
(0.3:0.5]	0,6503	1,0000	0,3598	0,5862	0,1444	0,4094		
> 0.5	0,0186	0,0008	0,0001	0,3663	0,1456	0,6749		

Също така значима промяна се установява в група 3, където също има подобрение, което се задържа до шести месец спрямо изходните нива. Към края на проследяването 50% от очите са преминали към групата с ъгъл алфа до 0,3 [158] [159].

На фиг. 4.3.5.1. е представена динамиката на промените в ъгъл Алфа.

Фиг. 4.3.5.1



За проверка на връзка между наличието на по-голямо отклонение в ъгъл Алфа и BCDVA и BCNVA се използва корелационен анализ на Спирамн представен в таблица 4.3.5.2. Статистическа значимост се установи при зрението за близо, което води до заключението, че в изследваната популация ъгъл Алфа показва влияние върху зрителната острота само за близко разстояние и качеството на образа.

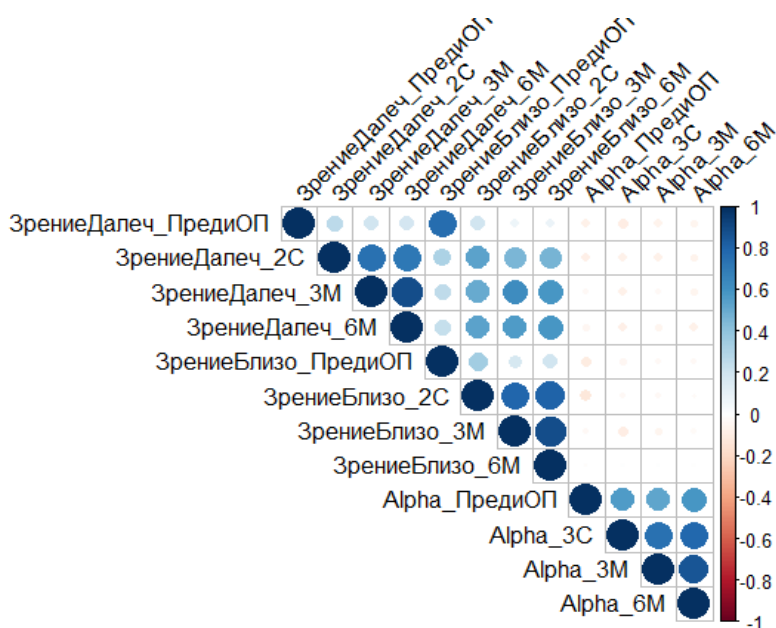
Таб. 4.3.5.2

Alpha - корелация *	ПОП	2С	3М	6М
Зрение далеч	-0,08	-0,09	-0,07	-0,06
Зрение близо	-0,11	-0,04	-0,04	-0,03

* Spearman correlation, значимите корелации ($p < 0.05$) са маркирани в червено

На фигура 4.3.5.2 с представен графично резултата от анализа.

Фиг.4.3.5.2



От измерването на ъгъл Капа, тест на Фишер не успява да потвърди значима динамика за нито едно от измерванията спрямо останалите. В таблица 4.3.5.3 са представени резултатите, а фигура 4.3.5.3 представя динамиката на измененията в периода на проследяване.

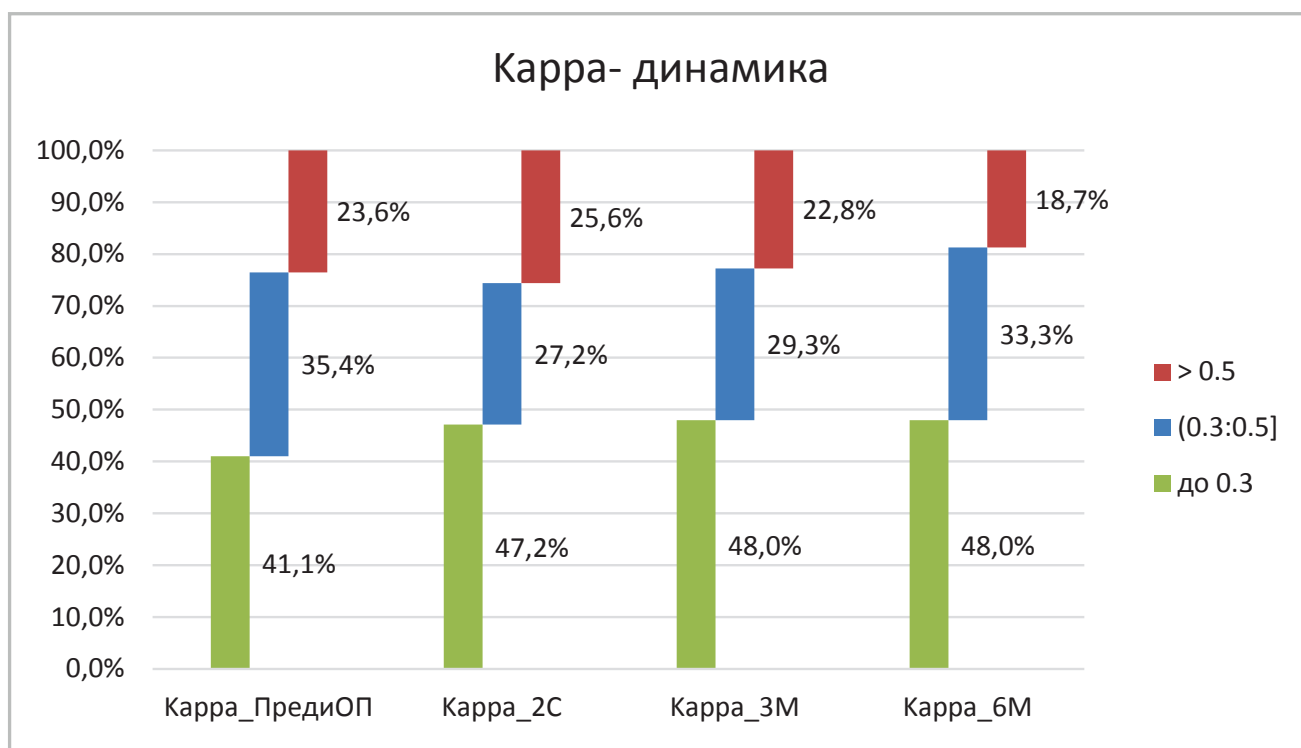
Таб.4.3.5.3

Карра	Карра Пре ОП		Карра 2С		Карра 3М		Карра 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.3	101	41,1%	116	47,2%	118	48,0%	118	48,0%
(0.3:0.5]	87	35,4%	67	27,2%	72	29,3%	82	33,3%
> 0.5	58	23,6%	63	25,6%	56	22,8%	46	18,7%
Общо валидни	246	100%	246	100%	246	100%	246	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.3	0,2036	0,1463	0,1463	0,9281	0,9281	1,0000		
(0.3:0.5]	0,0647	0,1772	0,7041	0,6888	0,1696	0,3816		
> 0.5	0,6754	0,9149	0,2245	0,5276	0,0824	0,3169		

От фигура 4.3.5.3 се установява липса на заличими промени в процентното разпределение във времето в различните групи за този параметър.

През целия период на наблюдение не са наблюдавани статистически значими промени в проучваните групи, което показва последователност в характеристиките на групата и резултатите във времето.

Фиг. 4.3.5.3



Връзката между ъгъл капа и най-добре коригирана зрителна острота на далечно и близко разстояние беше оценена чрез анализ на Спирман, резултатите от анализа са представени в таблица 4.3.5.4.

Таб. 4.3.5.4

Карра - корелация *	ПОП	2С	3М	6М
Зрение далеч	-0,07	-0,14	-0,07	-0,15
Зрение близо	-0,07	-0,09	0,00	-0,06
* Spearman correlation, значимите корелации ($p < 0.05$) са маркирани в червено				

Установяват се слаби негативни корелация с BCDVA които не се статистически значими. Според статистическите данни има наличие на по-голямо отклонение в този ъгъл на трети месец само при зрението за близо, като тези данни показват влияние на параметъра върху BCNVA. Подобна корелация не се установи при анализа с зрението за далечно разстояние.

От направените анализи във всички групи и подгрупи не се установи разлика във влиянието на ъгъл Алфа и Капа сравнено с това в общия контингент изследвани пациенти. Следователно не се налага представяне на анализите във всяка група по отделно.

4.3.6. Анализ на времето за разкъсване на слъзен филм

За операция на катаракта, стабилният слъзен филм е от съществено значение за осигуряване на точни биометрични измервания, тъй като неравностите на слъзния филм могат да доведат до грешни кератометрични показания, оказвайки влияние върху изчисленията на мощността на ВОЛ [160].

При установени предоперативно промени е била назначавана на терапия и повтаряне на изследванията.

Ниският TBUT е свързан с лошо качество на зрението след операцията, особено с мултифокални или вътреочни лещи с разширена дълбочина на фокус (EDOF), които са чувствителни към смущения на очната повърхност [161].

В популацията се изследва неинвазивно време за разкъсване на слъзен филм при всички пациенти преди оперативната интервенция средна стойност преди операцията е 11,39 сек.

От направения Т-тест анализ на резултатите представен в таблица 4.3.6.1. се установи статистически значимо скъсяване в TBUT на втората постоперативна седмица до 7,04 сек средна стойност с последващо подобрение на трети и шести месец. Налични са значими промени и при сравняване на резултатите от втора седмица с последващите периоди, което показва влиянието на оперативното лечение и последващата продължителна терапия върху този параметър.

Табл. 4.3.6.1

Сухо око - показател	Пре ОП	2 Седмица	3 Месец	6 Месец		
Средна аритметична	11,39	7,04	10,14	13,15		
Стандартно отклонение	5,46	4,46	4,48	3,70		
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
p*	0,0000	0,0040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

От таблицата се вижда, че в края на периода на наблюдение времето за разкъсване на слъзния филм е с подобрение спрямо втората постоперативна седмица и в сравнение с изходните стойности.

За проверка на наличие на влияние на TBUT върху зрителната острота и качеството на ретиналния образ беше извършен Спирман корелационен анализ с BCDVA и BCNVA в цялата кохорта (таблица 4.3.6.2) Установяват се слаби корелации, предимно положителни, но значими в

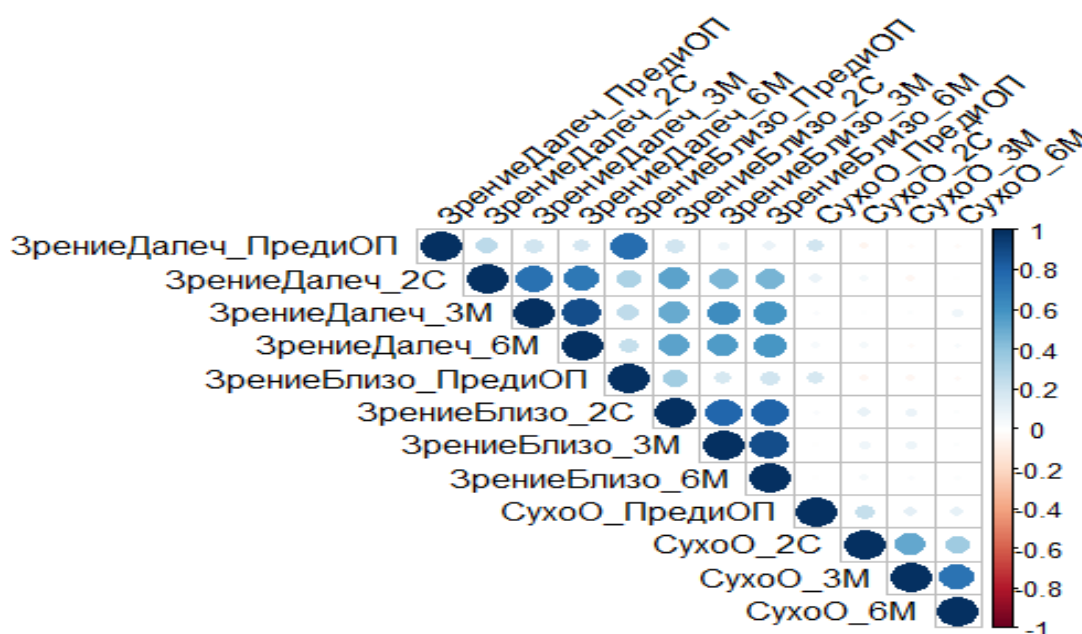
общата популация към BCDVA пред и постоперативно, което показва, че времето за разкъсване на слъзния филм оказва влияние върху качеството на ретиналния образ. Корелация се наблюдава между времето за разкъсване и зрителната острота за близо на 6-и постоперативен месец.

Таб.4.3.6.2.

Сухо око - корелация *	Пре ОП	2 Седмица	3 Месец	6 Месец
BCDVA	-0,05	0,04	0,01	0,02
BCNVA	0,16	0,10	0,07	0,01
* Spearman correlation, значимите корелации ($p < 0.05$) са маркирани в червено				

Фигура 4.3.6.1. представя резултатите от корелационния анализ на Спирман – всеки параметър е сравнен с всеки друг. В графиката се онагледяват резултатите за слаби корелации на времето за разкъсване и зрителната острота в кохортата.

Фиг. 4.3.6.1.



4.3.7 Интервю за удовлетвореността на пациентите

В рамките на предоперативната визита, на втора постоперативна седмица и на шести месец на пациентите бяха зададени 5 въпроса под формата на интервю. Отговорите бяха маркирани в цифрово изражение както следва:

Много доволен -5, Доволен – 4, не съм сигурен – 3, не много доволен – 2 и недоволен – 1

Въпросите зададени на пациентите са:

- Въпрос 1 – *Като цяло колко доволен сте от зрението си към момента?*
- Въпрос 2 - *Като цяло колко доволен сте от зрението си за далеч към момента?*
- Въпрос 3 - *Като цяло колко доволен сте от зрението си за средно разстояние -70 см. към момента?*
- Въпрос 4 - *Като цяло колко доволен сте от зрението си за близо към момента?*

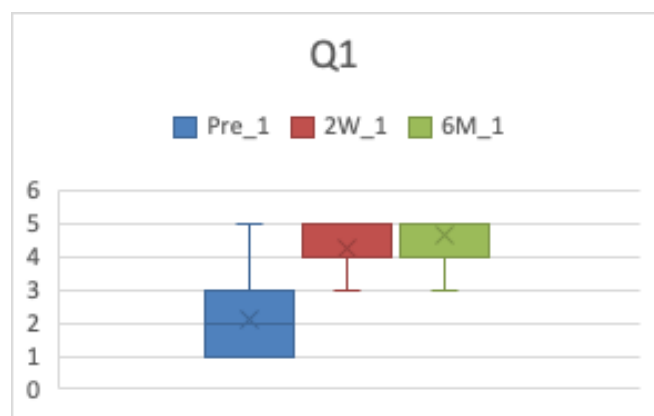
На постоперативните визити беше включен и въпрос 5 – *Бихте ли избрали същата леща?* с възможни отговори: *Да – 3, не съм сигурен – 2 и не – 1.*

От направения анализ се установява статистически значимо подобрене в оценката на пациентите за собствената им зрителна острота за трите разстояния (далечно, средно и близо) в двата постоперативни периода. Наблюдава се значима разлика (повишение) в отговорите на втората седмица спрямо изходното ниво. Аналогични са резултатите за шести месец.

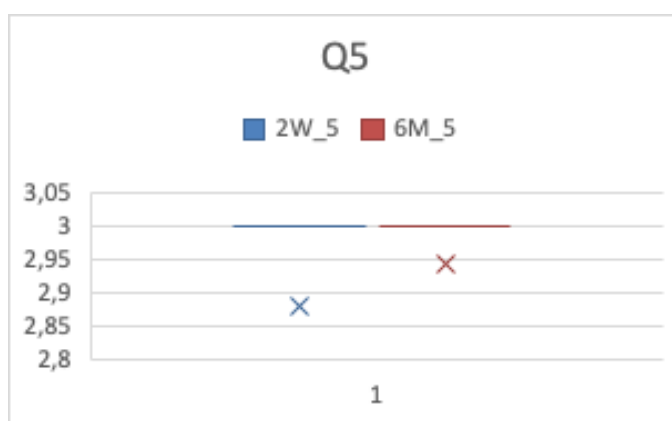
На въпроса дали биха избрали същата ВОЛ към втора постоперативна седмица 91% от пациентите отговарят положително, на 6-и пост оперативен месец - 95,5%.

От направения сравнителен анализ на отговорите на пациентите се установява статистически значима разлика в сравнението между предоперативните и постоперативните отговори в удовлетвореността на пациентите от получените резултати.

Фиг.4.3.7.1.



Фиг 4.3.7.2



4.3.8 Обсъждане

Качеството на ретиналния образ е критичен фактор за постигане на оптимални зрителни резултати след катарактална хирургия.

От резултатите в цялата популация се установява статистически значимо подобрене на зрението за всички изследвани дистанции след оперативното лечение. Наблюдава се подобрене в контрастната чувствителност в сравнение с пред оперативните изследвания. Кендал Доналдсон [38] и съавтори в публикацията относно предоперативната оценка за катарактална хирургия извеждат aberометрията като задължително изследване за преценка на правилния тип ВОЛ според индивидуалните особености на всяко око, за постигане на оптимално качество на образа след оперативното лечение.

Аберациите на роговицата нарушават яснотата и качеството на изображението, проектирано върху ретината. Когато светлината преминава през неправилна или несъвършена повърхност на роговицата, получените аберации намаляват остротата на изображенията на ретината и могат да причинят зрителни симптоми като ореоли, отблясъци и намалена контрастна чувствителност.

От изследването се установи, че качеството на зрението се влияе както от аберации от по-нисък порядък, като дефокусиране, така и от аберации от по-висок порядък (НОА), като кома аберации или трефойл, които са предимно от роговичен произход. НОА, особено комата и сферичните аберации, са предизвикателство за коригиране със стандартни лещи и често изискват усъвършенствана технология, като корекция чрез насочване с wave front анализ, за неутрализиране на тези фини изкривявания.

В хода на проследяването според анализа на Спирман всички изследвани аберации показаха статистически значима корелация с влошено зрение. В подкрепа на тези резултати е и анализът направен от Михаел Ласта и съавтори, които изследват ефекта на аберациите върху оптичното качество на два вида асферични ВОЛ [162]. Според техните заключения по-високият брой аберации води до влошено качество на зрението.

Предната повърхност на роговицата е основният източник на НОА, неравностите на задната повърхност на роговицата също допринасят, но в по-малка степен. Това заключение е направено

от Ямагучи и съавтори в тяхното изследване на аберации на задната повърхност на роговицата и влиянието им върху качеството на зрението [163].

При пред оперативната оценка на аберациите на роговицата е от съществено значение, особено при планиране на мултифокални или с разширена дълбочина на фокус (EDOF) ВОЛ е изследването на роговичните аберации. Задълбоченото разбиране на профила на роговицата на пациента помага при избора на подходящи ВОЛ и хирургически подходи, като например използване на асферични ВОЛ за противодействие на сферичните аберации, което води до подобро качество на изображението на ретината и удовлетвореност на пациента.

От направените анализи се достига до извода, че аберометрия и топография на роговицата са задължителни инструменти за диагностика. Те позволяват персонализирано планиране на операциите, те да са съобразени с индивидуалните профили на аберация, минимизирайки тяхното въздействие върху качеството на изображението на ретината. В подкрепа на това заключение са Джия и Ли [164], които сравняват подобреното в зрението при пациенти имплантирани с произволна ВОЛ и такива с избрана ВОЛ на база на wavefront предоперативен анализ се установява подобрене в контрастната чувствителност в групата с изследваните аберации.

Продължаващото изследване на връзката между аберациите на роговицата и качеството на изображението на ретината е от съществено значение за напредването на катаракталната хирургия. По-задълбочено разбиране на това как специфичните аберации влияят на зрителното възприятие, допринася за разработка на нови технологии за по-ефективно управление на тези ефекти.

От изследването на ъгъл Капа не се установи статистически значима промяна в постоперативния профил на изследваните очи или в разпределението им по групите. Единствен значим резултат се установява на трети месец с корелация за зрението за близо, който се приема за изключение, защото не се потвърждава във времето. Едуард и съавтори достигат до подобно заключение в техният анализ на ъгъл Капа при пациенти имплантирани с три вида ВОЛ [165].

Нашето проучване установи значима промяна в разпределението в групите при изследването на ъгъл Алфа още на втора постоперативна седмица. След това резултатите се запазват стабилни във времето на проследяването. Различни автори като Сервантез-Косте и Тапия предлагат [166], ъгъл Алфа да се използва като вероятен признак за избор на ВОЛ. От направения корелационен анализ не се установява връзка на промените в ъгъл Алфа и наличие на намаление на зрителната острота за далеч, само за близо. Това заключение не се потвърждава от литературни източници и проучвания, най-новото от които е на Асаф и сътрудници от септември 2024 г., които не установяват влияние на ъгъл Алфа и Капа върху постоперативното зрение [167].

Времето за разкъсване на слъзния филм (TBUT) е ключова диагностична мярка при оценката на стабилността на слъзния филм, което е от решаващо значение за постигане на оптимални визуални резултати при операция на катаракта. TBUT се оценява чрез измерване на времето необходимо за появата на сухи петна върху роговицата след мигане, което показва стабилността на слоя слъзен филм. Бързият TBUT (≤ 5 секунди) често се свързва със състояния на сухота в очите, които са преобладаващи сред възрастните хора - основната демографска група в настоящото проучване. Това може да доведе до влошена зрителна острота, повишен следоперативен дискомфорт и усложнения при изчисляването на мощността на ВОЛ, както и влошено качество на ретиналния образ. Тези заключения се потвърждават от изследването на Тратлер и Лукс [168], които подчертават значението на предоперативното изследване и третиране на синдрома на сухото око, за постигане на оптимално качество на зрението след оперативно лечение.

След изследване на времето за разкъсване на слъзния филм в популацията се потвърдиха очакваните резултати, които се докладват и в литературата [169], че оперативното лечение на катаракта води до влошаване на този параметър в част от оперираните очи на втора седмица. Според Джейн и Малик [169], които са изследвали над 100 пациента влошаването на времето за разкъсване се задържа до 2-ри месец след оперативното лечение, което напълно съвпада с нашите данни.

На всички пациенти от клиниката стандартно, след операция, бяха предписани изкуствени

сълзи и към 6-и постоперативен месец резултатите вече показват подобрене от изходното ниво. Подобни резултати се докладват и от Таехон и съавтори [161] в тяхното изследване на промените в слъзния филм след катарактална хирургия. Техните заключения са в подкрепа на нашите данни че слъзният филм до 3-и постоперативен месец не се е възстановил до предоперативните нива.

От направения корелационен анализ в настоящата популация се потвърди хипотезата, че ускореното време на разкъсване на слъзния филм има принос към влошаване на качеството на зрителната острота. Слаби корелации бяха установени само със зрителна острота за далеч и те се приемат за незначими. През 2010 година в хода на проучване за блефарит Лукс и съавтори установяват в изследваната кохорта, наличие на значими промени в слъзния филм при пациенти след операция за катаракта, но проучването установява връзка само с удовлетвореността на пациентите в постоперативния период [170], което подкрепя нашите данни.

Установените 6 пациента с остатъчни оплаквания от дисфотопсии персистиращи до 6-и месец са на възраст между 49 до 83 години. Те бяха анализирани по отношение на всички изследвани фактори. Само един от пациентите докладва два вида дисфотопсии, всички останали пациенти съобщават само за един. Нито един от изследваните фактори не се оказа значим, за да обясни продължаващите оплаквания. Заключихме, че те биха могли да се обяснят с по-бавно или недостатъчна невроадаптация.

Има няколко фактора, които могат да обяснят защо малък процент от пациентите не успяват да се адаптират след мултифокална имплантация на ВОЛ. На първо място е невронна пластичност, която представлява степента на способност на мозъка да се приспособява към промените в сензорния вход. Пациенти в по-късна възраст или тези с по-ниска неврална пластичност може да се затруднят повече с адаптацията. Свързаните с възрастта промени в невропластичността на мозъка могат да забавят или дори да предотвратят пълната адаптация, което затруднява филтрирането на нежелани визуални явления като отблясъци или ореоли. Психологически фактори играят критична роля за удовлетворението от визуалните резултати. Пациенти, които са очаквали незабавно или почти перфектно зрение след операцията, могат да намерят периода на невроадаптация, със свързаните с него зрителни смущения, неприемлив. Трудността при психологическото приспособяване към първоначалното следоперативно визуално преживяване може да допринесе за неуспех в невроадаптацията. Високи зрителни изисквания на пациентите с професии или начин на живот, изискващи висококачествено зрение в високотелни среди (напр. условия на слаба светлина или нощно шофиране), може да намерят компромиса в контрастната чувствителност и яснотата на зрението за непоносим, което води до неудовлетвореност. В такива случаи оптичното качество, осигурено от ВОЛ, може да не отговаря на специфичните изисквания на ежедневните дейности на пациента.

Необходими са по-нататъшни изследвания, за да се предвиди по-добре кои пациенти са изложени на по-висок риск от неуспех на невроадаптацията и да се оптимизира оптичният дизайн на ВОЛ, за минимизиране на риска от зрителни смущения. За пациенти, които не се адаптират, може да се наложи експлантация на мултифокалната ВОЛ и замяна с монофокална такава.

Изборът на интервю пред други методи за оценка на резултатите от операция на катаракта осигурява пряка, качествена представа за опита и удовлетворението на пациента. Този подход насърчава разбиране на индивидуалните гледни точки (персонализирана грижа за пациента), и подобрения в хирургичните техники, подобрявайки цялостните резултати, и медицина ориентирана към пациента.

От проведеното изследване за удовлетвореността на пациентите в популацията се установи повишаване на удовлетвореността от качеството на зрението за далечно, близко и средно разстояние при всички болни от изходните нива към втора седмица и шести месец. Тези резултати потвърждават, установените от изследванията направени в популацията, подобрения на всички параметри и в субективната оценка на пациентите. Увеличения брой пациенти с положителна оценка за удовлетвореност от зрителната острота на всички дистанции и от самата ВОЛ, от втората седмица към шести постоперативен месец показва продължаващите процеси на невроадаптация протичащи в мозъка.

4.4 Резултати за Група 1

Група 1 е съставена от 19 очи имплантирани със стандартна асферична монофокална ВОЛ с жълт филтър. При нито един пациент не са докладване в хода на проследяването дисфотопсии.

В тази група не е изследвана най-добре коригирана зрителна острота за следно разстояние поради вида на ВОЛ.

4.4.1 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) при пациенти имплантирани с монофокална ВОЛ

Наблюдава се тенденция подобна на тази в общата популация – статистически значимо подобрене на BCDVA от предоперативното изследване, където еднакъв дял (42,1%) са били пациентите в групата със зрителна острота до 0,1 и от 0,1-0,4. В постоперативния период на втора седмица 84,2% от субектите са с подобрене на този параметър и спадат към група с BCDVA над 0,5. В третия месец на наблюдението има също значимо подобрене – 89,5% и тенденцията остава стабилна към шестия месец със същия брой пациенти в групата над 0,5.

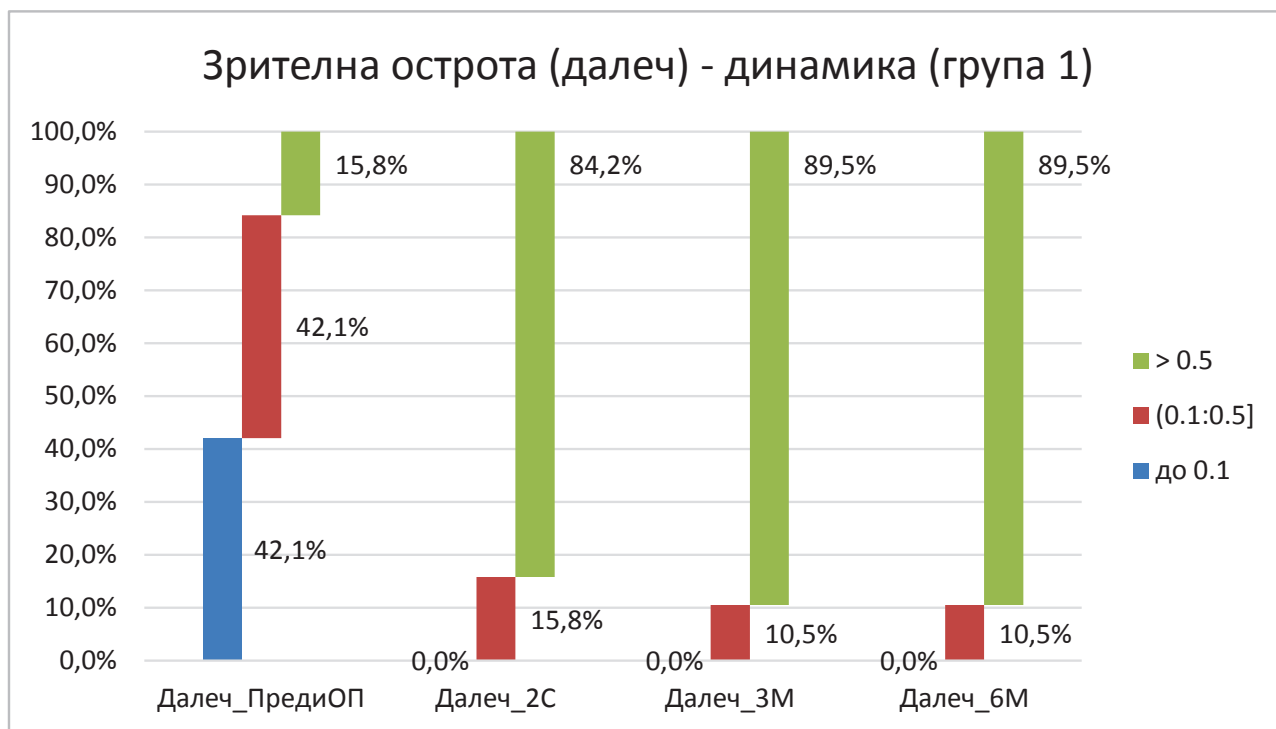
В таблица 4.4.1 и фигура 4.4.1 са представени резултатите от анализа на BCDVA на група 1 и статистическият анализ. Според литературни източници монофокалните ВОЛ са златен стандарт при катаракталната хирургия и осигуряват отлично зрение за далечна дистанция [171] [172] доказано в различни проучвания [173] [107]. Те са приети в настоящото проучване за контролна група.

Табл. 4.4.1

Зрителна острота група 1	Зрение Далеч Пре ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	8	42,1%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	8	42,1%	3	15,8%	2	10,5%	2	10,5%
> 0.5	3	15,8%	16	84,2%	17	89,5%	17	89,5%
Общо валидни	19	100%	19	100%	19	100%	19	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0053	0,0053	0,0053	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,1524	0,0654	0,0654	1,0000	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		

**Fisher exact test между две пропорции p стойности, маркирани в червено са значими резултати*

Фиг. 4.4.1



4.4.2 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA)

Резултатите за BCNVA потвърждават тези от общата популация и в група 1.

4.4.3 Анализ на контрастна чувствителност

В група 1 при предоперативното изследване на контрастна чувствителност се установява най-голям брой очи в категорията до 0,9 - 73,7%, средна стойност 0,64 (0-1,8).

В сравнителния анализ на Фишер се наблюдават статистически значими промени във втора постоперативна седмица, където 63,2% от популацията вече спада към частта с КЧ от 1,65 и по-висока. В следващите периоди на проследяване нивата се запазват стабилни. Между трети и шести месец се запазват стабилни нивата в групата без значима промяна в разпределението, като 36,8% от очите са с КЧ от 0,9 - 1,65. Към 6-и месец се установява увеличаване на броя очи с КЧ 1,65 до 73,7%, което обаче не е статистически значима разлика.

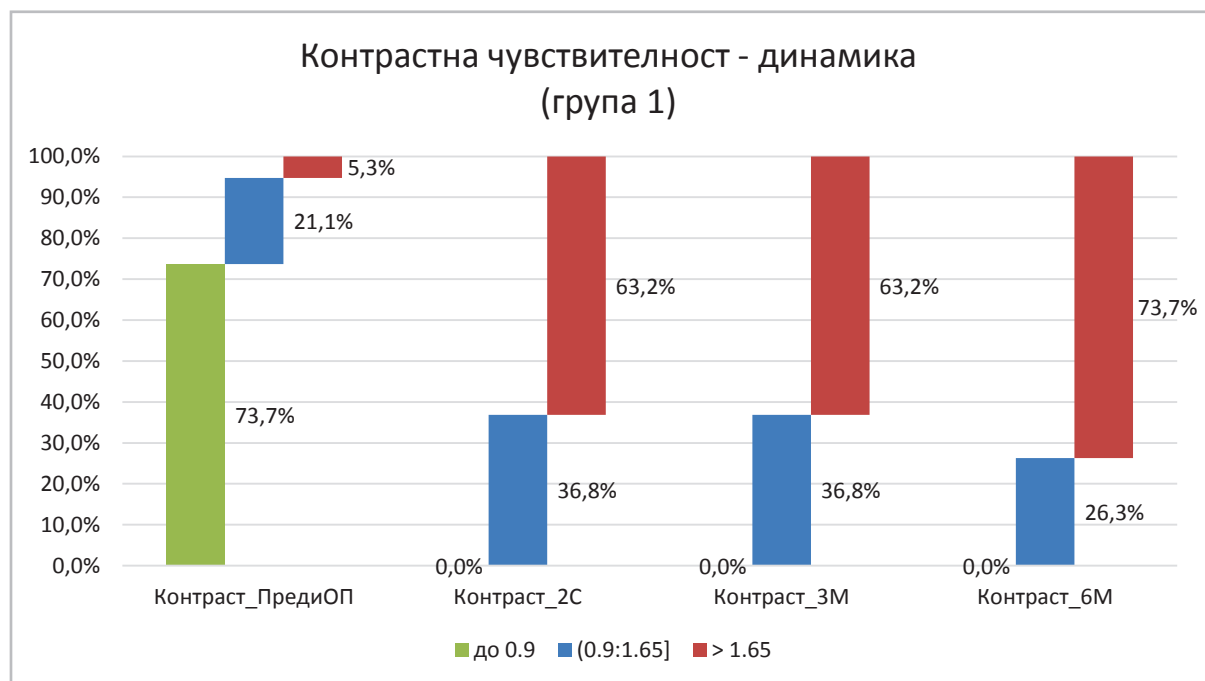
Таблица 4.4.3.1 и фигурата към нея показват данните от анализа.

Таб.4.4.3.1

Контрастна чувствителност група 1	Контраст Пре ОП		Контраст 2С		Контраст 3М		Контраст 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	14	73,7%	-	-	-	-	-	-
(0.9:1.65]	4	21,1%	7	36,8%	7	36,8%	5	26,3%
> 1.65	1	5,3%	12	63,2%	12	63,2%	14	73,7%
Общо валидни	19	100%	19	100%	19	100%	19	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.9	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		

(0.9:1.65]	0,4737	0,4737	1,0000	1,0000	0,7271	0,7271		
> 1.65	0,0006	0,0006	0,0000	1,0000	0,7271	0,7271		

Фиг. 4.4.3.1



4.4.4 Анализ на роговични аберации

В група 1 от пред оперативната оценка на оперираните очи се установява наличие на 78,9% с налични аберации, от които 56% са с дефокус, 16% кома, 16% трейфойл и 12% други. В категорията други са включени 3 очи с налични и сферични аберации.

В последващите периоди не се наблюдава статистически значима промяна в аберациите.

Изследвана е динамиката в група 1 в хода на изследването тя се запазва стабилна.

За установяване на корелация между наличие на роговични аберации и BCDVA се направи корелационен анализ на Спирман представен в таблица 4.4.4.1. Установи се значима корелация в проявата на трейфойл и други аберации в предоперативното изследване и зрителната острота за далеч на тези очи. Тази връзка е значима и се извява с минусов коефициент, което позволява да се заключи, че наличието на тези роговични аберации води до влошено качество на зрението и ретиналния образ.

Таб.4.4.4.1

Spearman r**	ПОП	2С	3М	6М
Брой РАберации	-0,282	0,294	0,205	0,117
Дефокус	0,083	0,294	0,205	0,117
Кома	-0,358	-	-	-
Трейфойл	-0,563	-	-	-
Други	-0,472	-	-	-

В пост оперативното изследване се установява най-голям дял на очи с наличие на дефокус – 5 към 3-и и 6-и месец.

4.4.5 Анализ на време на разкъсване на слъзен филм

Времето за разкъсване на слъзен филм е изследвано при всички очи в група 1 преди оперативното лечение, на 2-ра седмица, 3-и и 6-и месец. В популацията изходно средно време за разкъсване е 10,8 сек (2,9-17 сек).

След оперативното лечение се установи влошаване на този параметър на втората седмица до средно 7,5 сек (1,7-17сек.) или с 3,3 сек.

Към трети месец повечето очи показват подобрене, но нивата в групата като цяло не са достигнали до изходните преди операцията - средно TBUT е 9,9 (4,6-17 сек.). На 6-и месец се установява продължаващо подобрене при изследването и нивата са по-високи от пред оперативните в цялата популация – средно 13,9 сек (7,9-17сек.).

4.4.6 Обсъждане

Подобряване на зрението на далечно и близко разстояние с монофокални ВОЛ

Оптиката на монофокалните ВОЛ е проектирана да осигури оптимален фокус на едно разстояние, обикновено за зрение над 5 м. От изследваната група очи с такава леща се потвърждава наличието на статистически значимо подобрене в най-добре коригираната зрителна остротата на далечно и близко разстояние. Подобни резултати се отчитат и в проучването на Танабе и Табучи при 2000 пациента с имплантирани монофокални ВОЛ. Те докладват значително подобрене в зрителната острота за далеч и близо [103]. Това се потвърждава и от Хъгън, който изследва зрителната острота в популации с имплантирани монофокални ВОЛ [174].

Подобряването на зрението като цяло във времето на проследяването може да се отдаде на комбинация от фактори, включително невроадаптация и естествената способност на мозъка да се приспособява към различни фокусни точки с течение на времето. Тези изводи съвпадат с предишни проучвания, като това на Чой и Хан, при които са наблюдавани функционални подобрения в зрението при пациенти с монофокални ВОЛ [105]. В статията на Янгзес и Камбале се посочва близка постоперативна зрителна острота за далеч при изследваните монофокални и Е-ДОФ ВОЛ, което подкрепя данните от това проучване, но е необходимо да се отбележи, че те използват дефокусната крива на двете лещи като основа за сравнение, а не измерената BCDVA [175].

Контрастна чувствителност с монофокални ВОЛ

Гили Варон заключват че монофокалните ВОЛ осигуряват по-добра контрастна чувствителност от мултифокалните такива поради разликите в начина, по който фокусират светлината и вида на оптиката на самата леща [176]. Според Месцил и съавтори оптиката на монофокалните ВОЛ, която фокусира светлината в единична фокусна точка, позволява почти цялата навлизаща светлина да се използва ефективно за едно рязко изображение, като минимизира разсеяната светлина и увеличава максимално контрастната чувствителност [177].

Нашите данни от проучването съвпадат с тези от световната литература: контрастната чувствителност се запазва по-добре с монофокалните ВОЛ. В статия публикувана 2024 Иринкова и съавтори изследват КЧ при очи имплантирани с монофокални и Е-ДОФ ВОЛ. Заключениеята подкрепят резултатите от настоящото проучване за по-добра КЧ осигурявана от монофокалните ВОЛ [178]. Високата контрастна чувствителност осигурена от монофокалните ВОЛ, влияе благоприятно върху качеството на живот, тъй като подобрява яснотата на зрението и качеството на ретиналния образ в редица ежедневни дейности.

Анализ на роговични аберации

Аберациите на роговицата играят решаваща роля при определяне на вида на ВОЛ при операция на катаракта.

В група 1 се установяват пациенти с леки промени в аберациите на роговицата след операцията, вероятно поради хирургическата интервенция и настъпилите промени в кривината на роговицата. Полман и Пилгер изследват роговични аберации при факоемулсификация и не установяват значима промяна в този параметър след операцията [124]. Аберациите от по-висок порядък (НОА), особено сферичните и трефойл, се свързват с намалена зрителна острота в тяхното проучване. Нашите резултати са в съответствие с изводите от други проучвания като това на Хонгуанг и съавтори [179], които съобщават, че докато асферичните монофокалните вътреочни лещи обикновено предизвикват по-малко оптични смущения в сравнение със сферичните лещи, статистически не се установява разлика в качеството на образа или наличните аберации.

В нашата популацията се установи наличие на аберацията дефокус, която е от нисък ред, в повечето изследвани очи. Нейното наличие не оказва влияние върху BCVA според статистическият анализ, но се задържа до края на проследяването. Подобни са данните на Соуса и съавтори, които установяват увеличение на дефокус и задържането на тази аберация в популацията до края на проследяването [180].

Промяна във време на разкъсване на слъзния филм

Времето за разпадане на слъзния филм (TBUT) е критичен индикатор за здравето на очната повърхност и стабилността на слъзния филм. След операция на катаракта често се наблюдават преходни промени в TBUT, често поради хирургична травма, възпаление и употребата на локални медикаменти, които могат да нарушат слъзния филм и да предизвикат симптоми на сухо око [181].

Ние наблюдавахме значителен спад в TBUT непосредствено след операцията при пациентите от група 1. Ова съвпада с други проучвания, като това на Ишрати и Нема, които съобщават за намаляване на TBUT и влошаване на качеството на очната повърхност веднага след операция на катаракта, като го отдават на хирургичен стрес и следоперативна употреба на лекарствени препарати [182]. Техните резултати са в съответствие с данните установени в настоящото проучване.

При нашите пациенти се наблюдава значително подобрение на TBUT на шестия месец след операцията в сравнение изходната ниво, като много от тях са се върнали към предоперативните нива или са с подобрение. Тази тенденция се потвърждава от предишни изследвания, които показват, че TBUT често се подобрява с оздравяване на очната повърхност и отслабването на ефектите от терапията. Венинкаса изследва ефекта на оперативното лечение на катаракта върху слъзния филм и установява, че до 3-и месец след операцията нивата на времето за разкъсване не са се възстановили да изходните такива, което съответства на нашите резултати [183]. Според Таехун и съавтори постепенното отзвучаване на симптомите на сухота в очите и нормализирането на TBUT може да се отдаде на естественото възстановяване на муциновия и липидния слой на слъзния филм, които са временно нарушени по време на операция [161].

4.5 Резултати за група 2

Втора група е съставена от общо 137 очи имплантирани с два вида Е-ДОФ ВОЛ, от които група 2А - 57 очи, имплантирани с тип 3 Е-ДОФ леща и група 2В – 80 с тип 1 Е-ДОФ ВОЛ.

Направено е сравнение на цялата популация от пациенти в група 2 с контролната група 1 - наблюдава еднаква тенденция на подобрение на зрителната острота за далеч и близо в двете групи във всички периоди на проследяване.

4.5.1 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

При сравнителен анализ на двете групи (група 1 и 2) не се установяват статистически значими разлики, но се наблюдават математически модели на подобрение по-добре изразени в 2-ра група.

Таблица 4.5.а и фигурата съм нея демонстрират тази изводи. Към шести постоперативен месец 99,3% от пациентите от група 2 са с BCDVA над 0,5 в сравнение с група 1 -89,5. Този резултат води до заключението че очите в група 2 показват по-добра BCDVA в края на проследяването.

Табл. 4.5а

Зрителна острота група 1	Зрение Далеч Пре ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	Група 1	Група 2	Група 1	Група 2	Група 1	Група 2	Група 1	Група 2
до 0.1	42,1%	30,7%	-	0,7%	-	-	-	-
(0.1:0.5]	42,1%	59,9%	15,8%	8,8%	10,5%	5,1%	10,5%	0,7%
0.5+	15,8%	9,5%	84,2%	90,4%	89,5%	94,9%	89,5%	99,3%

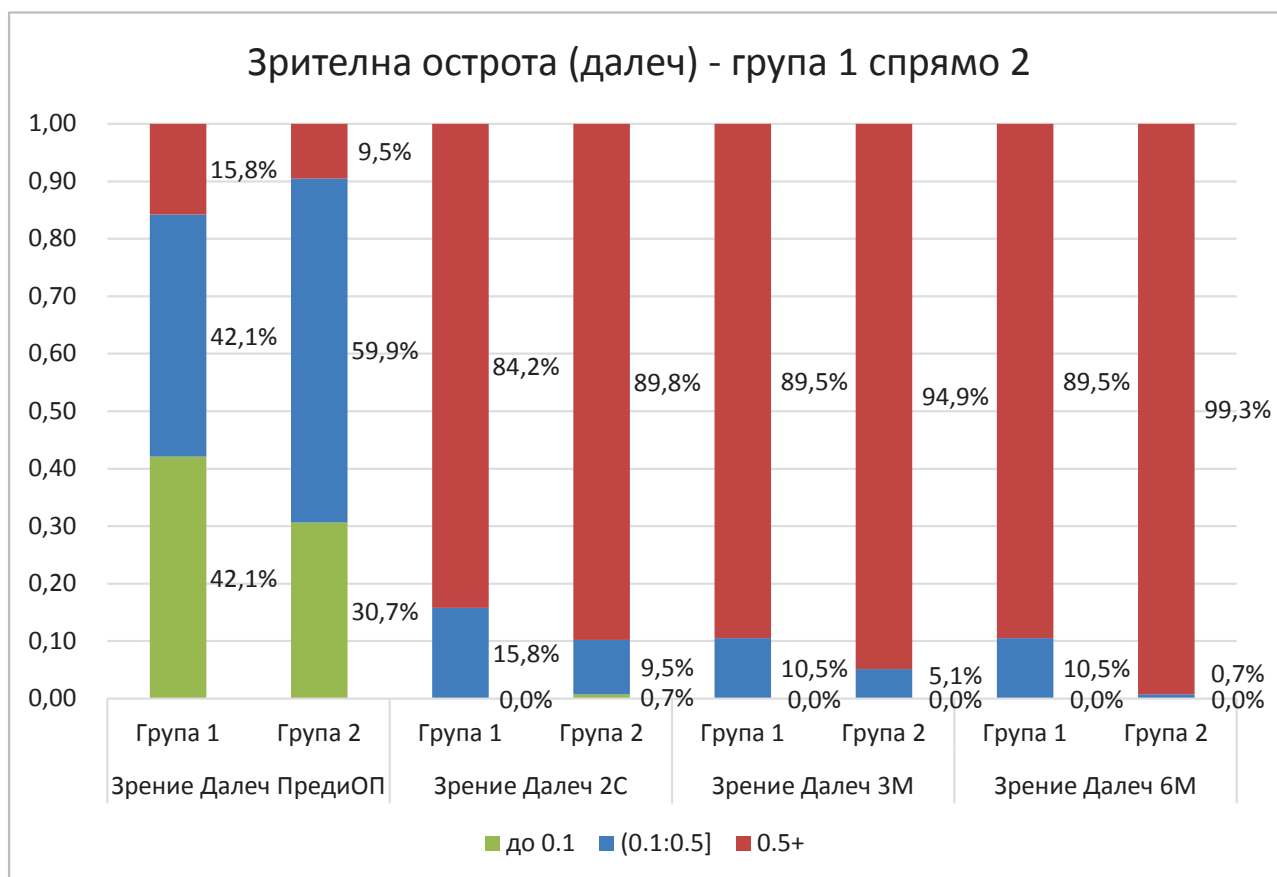
Таблица 4.5в представя сравнението на група 2 с контролната група. Установява се статистически значима разлика на 6-и постоперативен месец, което потвърждава наблюдаваното подобрене от таблица 4.5а, което води до заключението че очите имплантирани с Е-ДОФ ВОЛІ имат малко по-добра BCDVA в сравнение с монофокалните такива.

Табл. 4.5в

Група 2 спрямо 1	ПОП	2С	3М	6М
p**	0,6564	0,6645	0,6779	0,0441

На фигура 4.5а е представен сравнителният анализ на група 1 и 2 за най-добре коригирана зрителна острота за далеч.

Фиг.4.5а



В подгрупа 2А зрителната острота за далеч е със значително подобрене от първи до втори период на проследяване и се отчита от статистическия анализ значимо подобрене и между 2-а седмица и 3-и месец и 6-и месец.

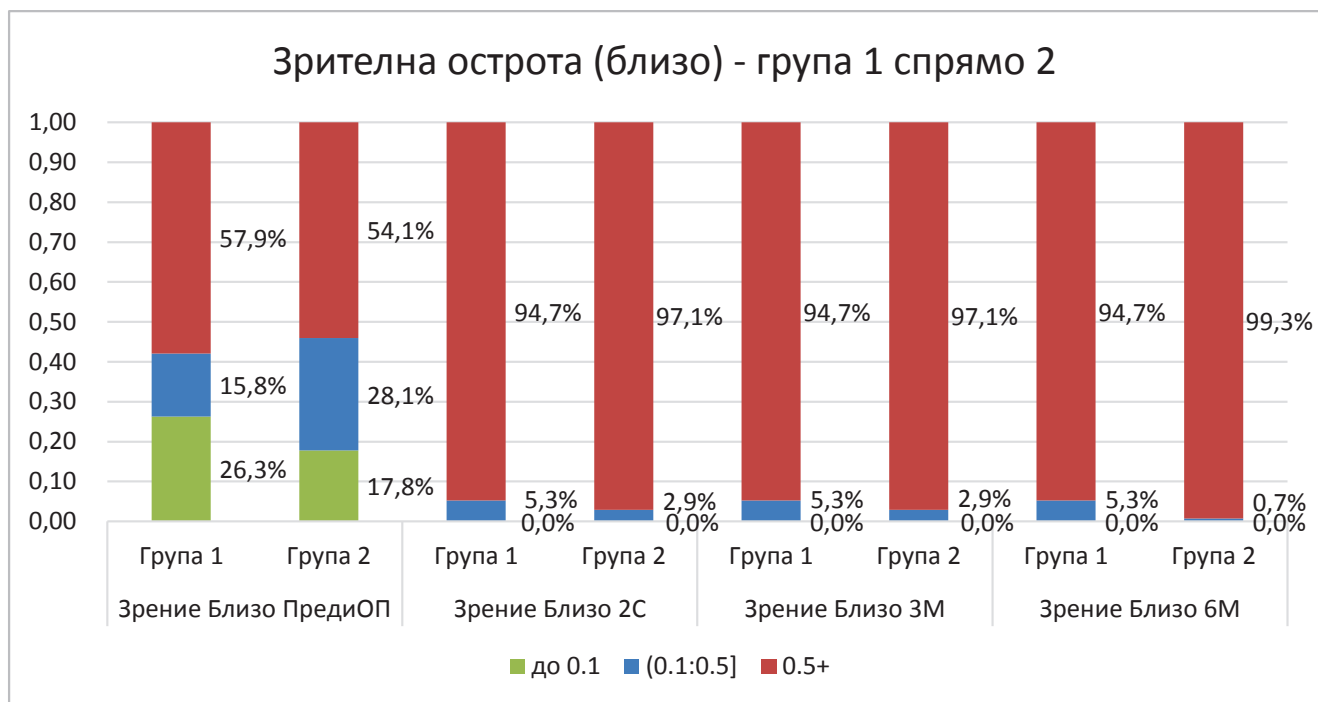
В анализа на подгрупа 2В показва посока и динамика на подобрене, която е еднаква с тази на цялата популация и наподобява тази наблюдавана в група 2А. Трябва да се отбележи, че разлика

в двете групи се установява на втора седмица постоперативно, където група 2В не показва толкова значимо подобрение в сравнение с 2А. 92,5% от субектите във втори период на проследяване (втора седмица) спадат в групата на зрение над 0,5, като тази тенденция се покачва и към 6-и месец вече достига 98,8% .

4.5.2 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние

Подобни данни се установяват и в сравнителния анализ направен за BCNVA на група 2 с група 1 представени на фигура 4.5с. Динамиката в двете групи е сходна във всички периоди и не показва значима промяна във времето. От този анализ заключаваме, че и двете лещи осигуряват отлично зрение за близко разстояние.

Фиг.4.5с



За **подгрупа 2А** от направения статистически анализ на Фишер се установява динамика потвърждаваща тази в общата група, на значимо подобрение в постоперативния период, което се задържа до стабилно до 6-и постоперативен месец.

В **подгрупа 2В** средната BCNVA е 0,55 (0,05-1,0). От анализа се установява, че в тази група най-голям дял имат очите със зрение над 0,5 – 57,5% (46 очи) предоперативно. Наблюдават се резултати подобни на подгрупа 2А със статистическо значимо подобрение на BCNVA от пред оперативните измервания към втора седмица където вече 96,3% (77очи) са със зрителна острота над 0,5.

4.5.3 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние

В **подгрупа 2А** се проявява статистически значимо подобрение на 3-и месец в сравнение с 2-ра седмица от проследяването. На 2-ра седмица средната най-добре коригирана зрителна острота за 70 см. е 0,73 (0,3-1) с общо 33 очи (57,9%) в групата със зрение над 0,7. Към 3-и месец този процент вече е 70,2% (40 очи).

В **подгрупа 2В** се установява сравнително равномерно разпределение в групите на втора седмица след оперативната интервенция. 35 очи (43,8%) спадат в групата със зрение от 0,4-0,7 и 36 очи (45%) се в групата със зрение над 0,7. От направения анализ се установява статистически значима разлика в периода от 2-ра седмица към трети месец, където 56,3% от очите вече са в дела над 0,7. Тенденцията на подобрение се проследява до 6-и месец където вече при 65% от изследваните се установява зрение за средно разстояние над 0,7.

4.5.4 Анализ на контрастна чувствителност в група 2

От направения анализ и сравнение на група 2 с група 1 се установява значимо подобрене в целия постоперативен период на проследяване. Двете подгрупи показват еднаква динамика и ход на подобрене, като резултатите се задържат стабилни във времето.

От направен анализ на Спирман между група 2 и група 1 се установи, че монофокалните ВОЛ осигуряват по-добра КЧ след операция за катаракта. Анализът е представен в таблица 4.5d, където $p < 0,05$ във всички периоди след оперативното лечение, което показва по-добрата КЧ при монофокалните ВОЛ в сравнение с е-ДОФ.

Таб. 4.5d

Група 1 спрямо 2	ПОП	2С	3М	6М
p**	0,2460	0,0073	0,0091	0,0007

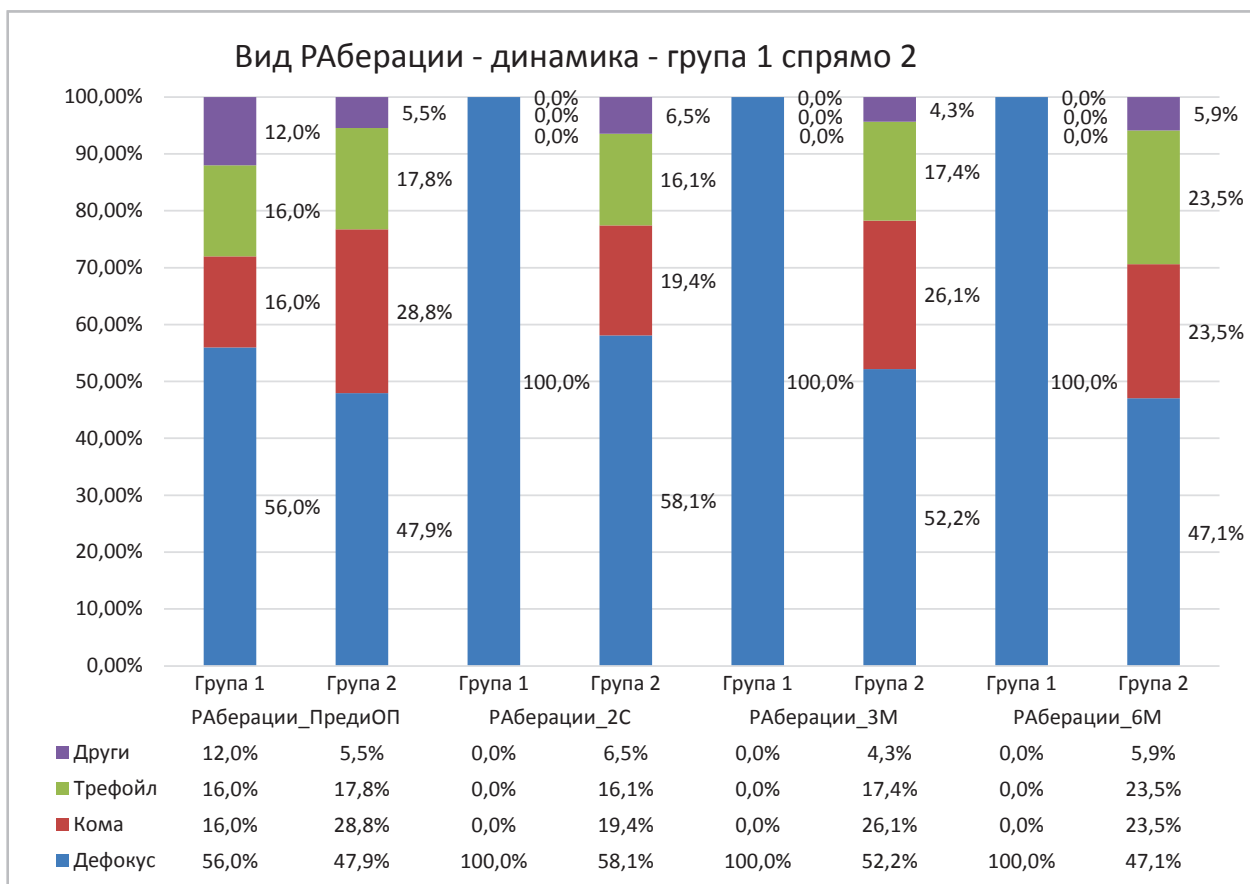
От изследването на контрастната чувствителност в **подгрупа 2А** предоперативно се установяват ниски нива – 42 очи (73,7%) в дела до 0,9. На втора постоперативна седмица се наблюдава значимо подобрене в този параметър – 42 очи вече са с КЧ в частта от 0,9-1,65, а 15 очи (26,3%) са с подобрене над 1,65.

В **подгрупа 2В** средната КЧ пред оперативно е 0,60 (0-1,2) с най-голям дял очи 66 (82,5%) в частта с КЧ до 0,9. От направения анализ на Фишер се заключава се статистически значимо подобрене има от пред оперативните стойности към втора седмица и се задържа стабилно във времето на проследяването. Във втори период от изследването 55очи (68,8%) са с подобрене на КЧ и в групата от 0,9-1,65, а 25 очи(31,3%) са с КЧ над 1,65.

4.5.5 Анализ на роговичини аберации

От сравнителния анализ направен между група 1 и група 2 се установи най-голям дял на очи с наличие на дефокус и в двете групи, както предоперативно, така и в постоперативното изследване. С оглед по-лесното проследяване, отчетените аберации са представени в процентно съотношение и по периоди на фигура 4.5е. В двете групи динамиката и разпределението се запазват стабилни във времето. Отчита се в група 1 липсата на други аберации освен дефокус.

Фиг.4.5.е



В подгрупа 2А от направения анализ на Спирман се доказва връзка между наличието на всички изследвани аберации и намалена зрителна острота в предоперативния период. След оперативната интервенция в постоперативното проследяване не се установява корелация между двата параметъра.

В подгрупа 2В от направения анализ на Спирман се установиха негативни корелации на аберации като цяло и отделно на **трефойл** спрямо **BCDVA** преди операцията. Наличието на този коефициент позволява да се заключи, че в група 2В основно наличие на трейфойл води до понижена зрителна острота и влошено качество на зрението в тези очи. Подобно заключение е валидно и за наличие на аберации като цяло в популацията.

4.5.6 Анализ на време за разкъсване на слъзен филм

В подгрупа 2А предоперативно средното време за разкъсване е 11,48 сек. (1,3-17 сек).

При изследване на втора седмица се установява скъсяване на този параметър до средно 7,05 сек. (1,1-17сек), което показва влошаване с 4,43 сек. На трети месец се установява подобрение с 3,6 сек., но не се достига до предоперативните нива в групата. На 6-и месец се установява продължаване на подобрението във времето на разкъсване до 13,59 сек. с 6,54 сек. от втора пост оперативно седмица.

При подгрупа 2В от нализа на времето за разкъсване на слъзния филм установено средно време за разкъсване от 11,05 сек. (1-17 сек). На втора седмица се установява намаление във времето до средно 6,69 сек. (1,2-17 сек.). Във хода на проследяване на трети месец се установява подобрение до 10,09 сек. (1,7-17 сек.) – с 3,4 сек., с нива вече близки до пред оперативните такива. На 6-и месец се наблюдава подобрението във времето на разкъсване до 13,12 сек.(2,3-17 сек.).

4.5.7 Обсъждане на резултатите от група 2

Най-добре коригирана зрително острота за далеч

За цялата група 2 се установява подобрене на BCDVA в периода на проследяване. Група 2 показва по-добра зрителна острота за далеч в сравнение с група 1 към 6-и месец. Вероятна причина за наблюдаваните разлики в резултатите, на група 2 с група 1 може да се приеме по-доброто предоперативно зрение на пациентите от група 2, не толкова напредвалата катаракта и по-краткото време за възстановяване след оперативната интервенция. До подобни изводи са стигнали Упасани и Дайгаване [184] в своето проучване за ефекта на факоемулсификацията върху качеството на зрението. Пациентите с Е-ДОФ ВОЛ теоритично имат по-дълъг период на невроадаптация в сравнение с тези с монофокални ВОЛ, и следва да се потърсят и други възможни причини за този резултат – например възраст на пациентите в двете групи. Подобно наблюдение е направил Екерт в неговото изследване на промените в невроадаптацията свързани с възрастта [185]. В подкрепа на тази теория е и разликата наблюдавана в средната възраст на пациентите – за група 1 е 73,2, докато в група 2 тя е 69,6 години. В заключение може да се каже, че по този параметър в настоящото проучване очите с Е-ДОФ ВОЛ имат по-добра BCDVA на 3-и и 6-и постоперативен месец в сравнение с тези с монофокални ВОЛ, като този резултат е статистически значим само на 6-и месец.

Най-добре коригирана зрителна острота за близо

В група 2 се установява значимо подобрене на този параметър в хода на проучването. Тези данни следват общата динамика в цялата група изследвани в проучването очи и се запазват стабилни в целия период на проследяването. От проучването на Чой и Им [186] при пациенти имплантирани с Е-ДОФ ВОЛ се потвърждават заключенията от настоящото проучване за подобрене в зрителната острота за близо при пациентите. Разликата при сравнение на Е-ДОФ лещите с монофокалните такива е статистически незначима. Подобен е и резултатът при сравнителен анализ между двете подгрупи.

Най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние

В двете подгрупи зрителната острота за средно разстояние се подобрява във времето на проследяването и се установява значимо подобрене на 3-и постоперативен месец. Подобни резултати за подобрене на зрителната острота за средно разстояние докладват Никула и Редник, които изследват пациенти с имплантирани Е-ДОФ ВОЛ за период от 12 месеца [187]. Приемаме че достигането до статистически значим резултат по-късно в проследяването се дължи се на вида оптика и на продължаващата невроадаптация, която трае по-дълго при по-възрастни пациенти, както докладват Тераучи и съавтори в своята статия за невроадаптация при ВОЛ [188].

От направения сравнителен анализ между двете подгрупи 2А и 2В по този параметър се установи статистически значима разлика между двата типа лещи само на 6-и месец след операцията, кота се наблюдава по-голямо подобрене в групата очи имплантирани с тип 3 Е-ДОФ ВОЛ.

Според авторите е необходимо по-дългосрочно наблюдение за потвърждаване на заключенията от анализа.

Анализ на контрастна чувствителност

От направеният анализ на КЧ се установява значимо подобрене на този параметър в целия постоперативен период на проследяване. Двете подгрупи показват еднаква динамика и ход на подобрене, като резултатите се задържат стабилни във времето.

Контролната група (монофокални ВОЛ) показва значимо по-добра постоперативна контрастна чувствителност, като подобно заключение извеждам и в своята статия за анализ на КЧ при монофокални и Е-ДОФ лещи [178]. При сравнение между двата типа Е-ДОФ ВОЛ не се установяват статистически значими разлики в КЧ. Тези резултати се подкрепят и от Патерсон в неговото ревю на мултифокални и Е-ДОФ лещи [189]. От статията на Шалхорн и съавтори [110] се установяват

подобни резултати подкрепящи тези от настоящото проучване.

Анализ на роговични аберации

В анализа на наличните роговични аберации двете подгрупи 2А и 2В показват сходство в разпределението по вид. От направения сравнителен анализ на двете подгрупи не се установява статистически значима разлика в нивата на аберации в група 2. Наблюдава се особено влияние на трефойл в група 2В върху BCDVA. В подгрупа 2А всички изследвани аберации оказват влияние върху този параметър.

Според Хонгфей Йе и съавтори при катарактална хирургия се наблюдават промени в роговичните аберации повече на задната роговична повърхност, отколкото на предната, като се установява, че мястото и големината на роговичните инцизии [190] също е от значение за настъпването на тези промени. Според направеното проучване [191] те не засягат значимо качеството на ретиналния образ и на зрението. Тези данни се потвърждават и в това изследване – промяната в наличните аберации не води до влошаване на зрителната острота в хода на нашето проследяване.

От резултатите се установява, че дефокус има най-голям дял в цялата група 2 и да се задържа в хода на проследяването. Антонио Караско и съавтори [192] в своето проучване на ефекта на аберациите върху качеството на образа не потвърждават нашето заключение, че дефокус има влияние върху ретиналния образ.

Според авторите този резултат трябва да бъде проследен дългосрочно и с по-голяма кохорта пациенти за потвърждаване на резултатите.

От корелационния анализ се установи значима връзка между по-ниските нива на зрение, влошеното качество на ретиналния образ и наличие на трефойл в подгрупа 2В. Този резултат се установява и в различни проучвания като това на Сонг и съавтори, при които се потвърждава, че наличие на трефойл води до влошаване на качеството на зрението. Те посочват като една възможна причина за промени в тази аберация разрезите на хирурга [193]. В хода на проследяването и от направения сравнителен анализ на група 2 с контролата, не се установява статистически значима връзка между наличието на аберации и качеството на ретиналния образ постоперативно при очите в двете групи. От този резултат авторът заключава, че Е-ДОФ и монофокалните ВОЛ осигуряват сравнимо качество на ретиналния образ постоперативно.

Време на разкъсване на слъзния филм

В двете подгрупи се потвърждават резултатите от общата популация на скъсяване на времето за разкъсване на слъзния филм на втората седмица след оперативното лечение. В група 2А се установяват със средно 0,38 сек. по-дълго време за разкъсване на слъзния филм в сравнение с подгрупа 2В.

Динамиката в двете подгрупи е еднаква – с ход на подобрение към трети месец и с установено подобрение на стойностите от изходно ниво към 6-и месец.

Далан и съавтори в техния анализ на промените в роговични аберации и сухо око след катарактална хирургия наблюдават значими промени в двата параметъра на първи месец след оперативното лечение. В техния анализ стойностите се възстановяват до 3-и пост оперативен месец [194]. Като слабост на тяхното изследване се отбелязва, че те не взимат под внимание възрастта на пациентите, която вероятно оказва влияние върху резултатите и скоростта на възстановяване на слъзния филм.

4.6 Резултати Група 3

В група 3 са включени 90 очи имплантирани с мултифокални ВОЛ разпределени в две подгрупи – група 3А 35 очи с хибридна МФ рефрактивна ВОЛ, 3В – 55 очи с дифрактивна леща.

4.6.1 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

При сравнение BCDVA на популацията от 3-а група с контролната група 1 се установява статистически значимо подобрение в група 3 на 3-и и 6-и постоперативен месец спрямо контролата представени в таблици 4.6.1 и 4.6.1.1 Този резултат се приема за значим, но се вземат под внимание и по-високите нива на предоперативна зрителна острота в група 3 спрямо 1.

Таб. 4.6.1

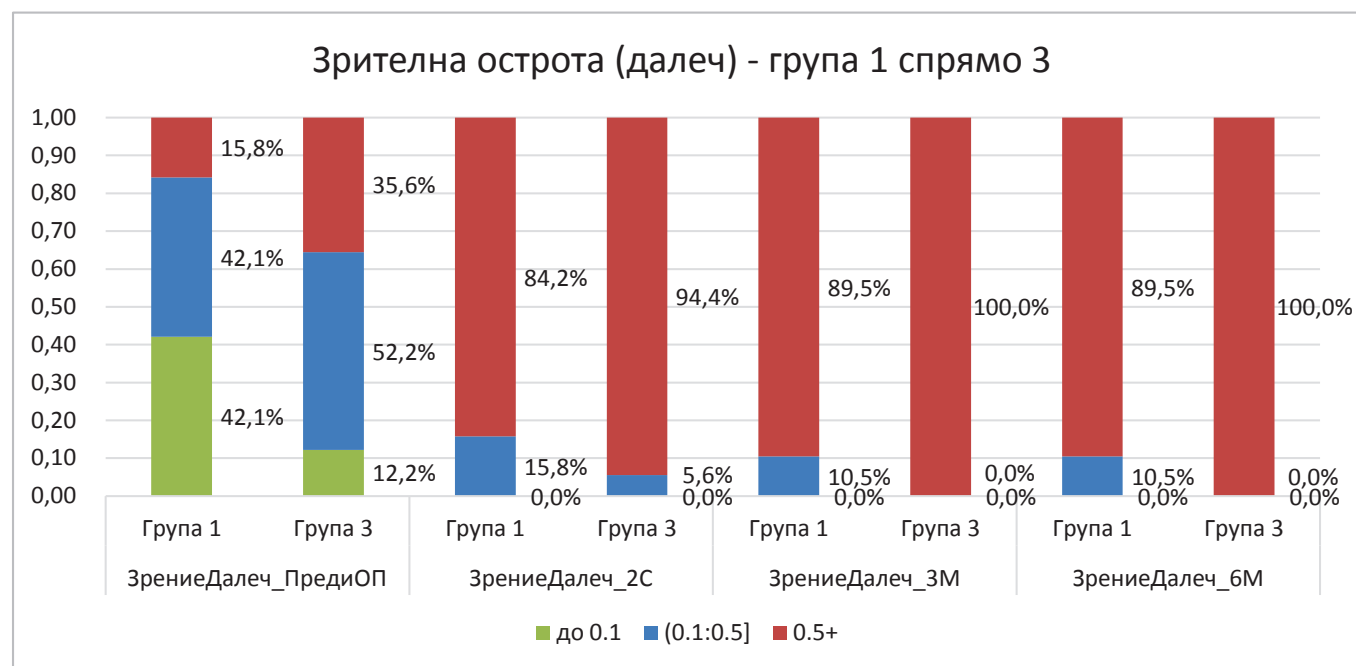
Група 1 спрямо 3	ПОП	2С	3М	6М
p**	0,1596	0,2845	0,0303	0,0303

Таб. 4.6.1.1

Зрителна острота група 1	Зрение Далеч Пре ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	Група 1	Група 3	Група 1	Група 3	Група 1	Група 3	Група 1	Група 3
до 0.1	42,1%	12,2%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	42,1%	52,2%	15,8%	5,6%	10,5%	-	10,5%	-
0.5+	15,8%	35,6%	84,2%	94,4%	89,5%	100,0%	89,5%	100,0%

На фигура 4.6.1 е представено сравнението и промяната между групите в динамика. Наблюдава се разлика във всички периоди на проследяване с изразено по-добри резултати в група 3.

Фиг. 4.6.1



В подгрупа 3А се наблюдава значимо по-висок дял на пациенти със зрителна острота предоперативно от 0.5 и нагоре, което се дължи на по-големия брой очи с направена рефрактивна корекция. От направения анализ се установява значително подобрение от първи до втори период на проследяване. Посоката и динамиката на подобрение е еднаква в цялата подгрупа.

От анализа на Фишер за подгрупа 3В се наблюдава същата тенденция както в цялата 3-а група -значимо подобрение във всички периоди със стабилна тенденция за подобрение на зрението към 3-и и 6-и месец, където 100% от популацията спада към графата със BCDVA над 0,5. В сравнение с пред оперативното състояние където този процент е 25,5%.

4.6.2 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние

В група 3 се установява значимо подобрене на **най-добре коригирана зрителна острота за близо** във всички периоди.

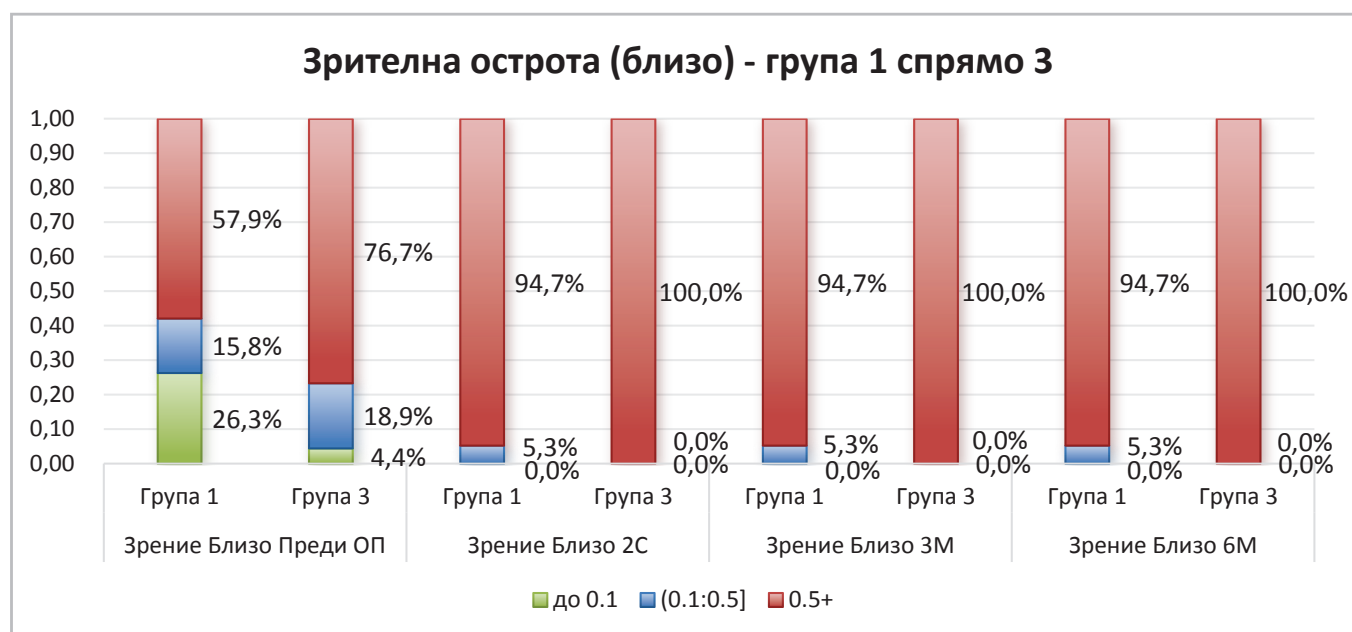
Направи се корелационен анализ на Сипран (таб. 4.6.2) за сравнение на резултатите получени в група 1 и 3. Не се установи значима разлика в анализа на двете групи.

Таб. 4.6.2

Група 1 спрямо 3	ПОП	2С	3М	6М
p^{**}	0,1624	0,3884	0,3884	0,3884

На фигура 4.6.2 в е представен сравнителният анализ на двете групи във всички периоди на проучването. Динамиката и разпределението се запазват стабилни, установява се математически подобър резултат при очите с мултифокални ВОЛ.

Фиг. 4.6.2



От направения статистически анализ на Фишер **подгрупа 3А** показва различна от общата за цялата популация динамика. Не се установява статистически значимо подобрене в нито един постоперативен период. Този резултат се дължи на обстоятелството, че тази група преди оперативното лечение е имала много високи нива на пациенти в зоната на над 0.5.

В **подгрупа 3В** установява статистически значимо подобрене на BCNVA, което съвпада с наблюдаваните в цялата група 3 резултати. Подобренето се запазва стабилно във всички периоди на проследяване, като към втора седмица вече 100% от очите са в групата със зрителна острота над 0,5.

4.6.3 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние

В **подгрупа 3А** анализът на Фишер показва стабилност на наблюдаваното подобрене във времето на проследяването. На втора седмица след оперативната интервенция 65,7% (23 очи) от изследваните са със зрителна острота над 0,7. Тенденция за подобрене се наблюдава в последващите периоди на проследяване с подобрене в параметъра до 77,1% (27 очи) в групата над 0,7.

Резултатите в **подгрупа 3В** показват наличие на подобрене в зрението за средно разстояние в подгрупата, което обаче не се установява като статистически значимо от направения анализ.

4.6.4 Анализ на контрастна чувствителност

Получените резултати демонстрират, че докато мултифокалните ВОЛ подобряват контрастната чувствителност в сравнение с предоперативните стойности, тези подобрения не достигат нивата на монофокалните ВОЛ.

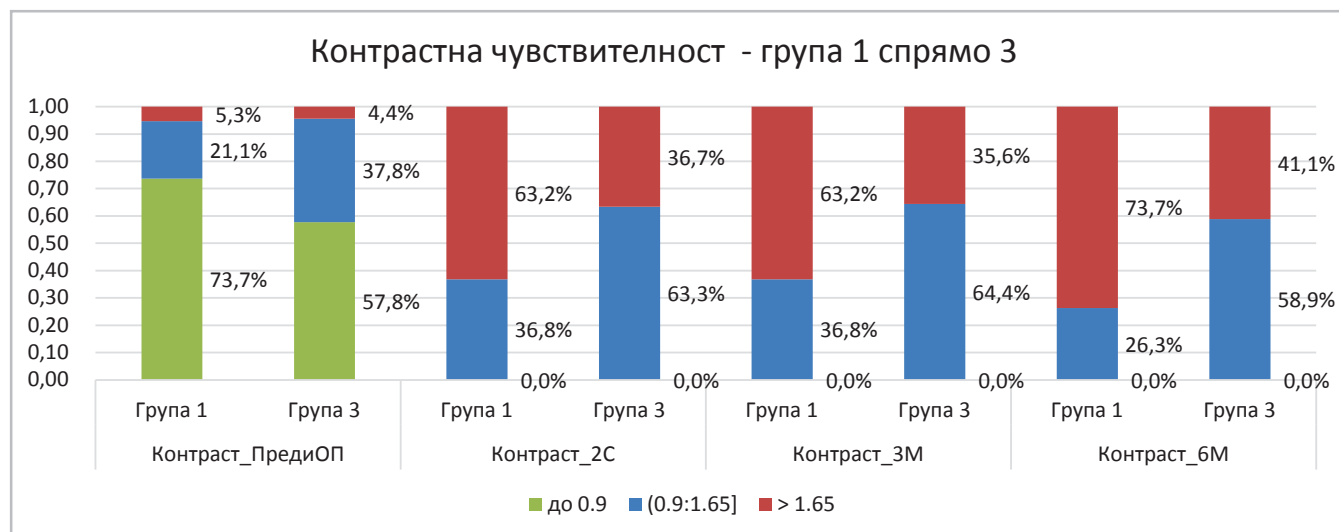
От направения корелационен анализ на Спирамн спрямо контролата се потвърждава заключението, че МФ ВОЛ осигуряват по-ниска КЧ на пациентите след оперативното лечение в сравнение с монофокалните такива. Статистическа разлика между двете групи се установява на 3- и 6-и месец след операция.

Таб.4.6.4

Група 1 спрямо 3	ПОП	2С	3М	6М
p**	1	0,0608	0,0487	0,0197

Фигура 4.6.4 показва резултатите от проследяването в динамика между група 1 и 3 във всички периоди на проучването и визуализира разликата в този параметър – 73,7% от очите в група 1 са с КЧ над 1,65 на 6-и месец срещу 41,1% от група 3.

Фиг. 4.6.4



От направения статистически анализ на Фишер в **подгрупа 3А** се установява подобрение на КЧ на втора седмица, където 65,7% (23 очи) са с КЧ 0,9-1,65. На втора седмица средната КЧ вече е 1,65 (1,2-1,8) в подгрупата, показвайки значимо подобрение в сравнение с нивата преди операцията за катаракта. От направеното сравнение по периоди не се установява значима промяна в този параметър от втора седмица към 3- и 6-и месец.

Преди операцията средната контрастна чувствителност в **подгрупа 3В** е 0,705. След оперативната интервенция на втора седмица средната стойност е 1,63, на 3-и месец 1,65. Шест месеца след операцията средната КЧ значително се подобрява до 1,67. Беше извършен анализ на Фишер, чрез който се установи, че подобрението от предоперативни до следоперативни измервания е статистически значимо ($p < 0,05$). Подобрението се наблюдава във всички периоди при сравнение с предоперативните стойности.

4.6.5 Анализ на роговични aberации

В **подгрупа 3А** при 77,1% от очите се установи наличие на aberации преди оперативната интервенция. В популацията най-често срещаните aberации са дефокус в 25 очи (67,6%), кома – 8 очи (21,6%), трейфойл – 4 очи (10,8%). От наличните в подгрупата aberации се установи негативна корелация на трейфойл с по-ниско зрение в предоперативния период. Към втора седмица не се

установява наличие на корелация, според авторите се дължи на намалението на броя очи с налични aberации и изразеното подобрене на BCDVA в цялата подгрупа. За 3-и и 6-и месец корелация не може да се изчисли, поради малкият брой очи с РА и липса на вариация. Резултатите са представени в таблица 4.6.5.1.

Табл.4.6.5.1

Spearman r**	ПОП	2С	3М	6М
Брой РАберации	-0,289	0,112	-	-
Дефокус	-0,061	0,101	-	-
Кома	-0,261	-	-	-
Трефойл	-0,345	0,042	-	-
Други	-	-	-	-

За проверка на наличие на значимост в **подгрупа 3В** се направи корелационен анализ на Спирман на наличните aberации спрямо най-добре коригираната зрителна острота за далеч.

Установи се негативна корелация на BCDVA в предоперативния период с наличие на aberации като цяло в популацията и по-специално с дефокус и кома [195]. В постоперативния период се установи също значима негативна корелация към втора седмица на кома с BCDVA. Кома представлява aberация от висок ред, която в литературата се приема, че има доказано влияние върху качеството на ретиналния образ и зрителната острота [196]

Таб. 4.6.5.2

Spearman r***	ПОП	2С	3М	6М
Брой Aberации	-0,336	-0,196	-	-
Дефокус	-0,288	-0,203	-	-
Кома	-0,386	-0,295	-	-
Трефойл	0,081	-0,241	-	-
Други	-0,265	-	-	-

4.6.6 Анализ на време на разкъсване на слъзен филм

Подгрупа 3А потвърждава наблюдаваната в цялата популация тенденция за влошаване на времето за разкъсване на 2-ра седмица с бавно подобрене до стойности по-високи от предоперативните до края на проучването.

Времето за разкъсване на слъзния филм се установи предоперативно в **подгрупа 3В** - средно: 11,9 секунди (1,7-17 секунди). От направените на втора седмица след операцията измервания се установи скъсяване на TBUT до средно: 7,06 секунди (1,3-17 сек.) – влошаване от 4,84 сек., което потвърждава динамиката от общата популация за влошаване на TBUT с ранния следоперативен период.

4.6.7 Обсъждане

Най-добре коригирана зрителна острота за далеч

В цялата група 3 се наблюдава подобрене в зрителната острота за далечно разстояние.

Наблюдава се значима разлика в пред оперативното зрение при пациентите от двете подгрупи, която се дължи на по-големият брой очи с clear-lens екстракция в група 3А – 10 очи в сравнение с подгрупа 3В – 5 очи.

Подобрението се запазва стабилно към 2-ра седмица, 3-и и 6-и месец. Тези резултати се потвърждават от Алио и съавтори [197], които изследват качеството на ретиналния образ при пациенти с различни видове ВОЛ. Важността на невроадаптацията при мултифокалните ВОЛ е добре описана в монографията на Алио и Пикел [198] за мултифокалните ВОЛ, където авторите са отделили цяла глава за невроадаптация и подчертават важността на способността на мозъка да съгласува множеството фокусни точки, предоставени от ВОЛ, като критична за постигането на добро постоперативно зрение и качество на образа.

Прогресивното подобрение на BCDVA, наблюдавано в това проучване, е в съответствие с открития относно времевата линия на възстановяване на зрението с мултифокални ВОЛ, докладвани в метанализ на Агреста и съавтори на 29 проучвания свързани с зрителна острота при пациенти с МФ ВОЛ [199].

При сравнение на група 3 с контролата на трети и шести месец се наблюдава по-добра BCDVA при очите имплантирани с мултифокалната ВОЛ в сравнение с монофокална. Тази разлика е статистически значима според направения анализ.

От направения сравнителен анализ в проучването между двата типа мултифокални ВОЛ не се установява статистически значима разлика в постигнатите резултати при двете подгрупи 3А и 3В за този параметър.

Въпреки че нашето проучване показва значителни подобрения в BCDVA, важно е да се огледат потенциалните ограничения. Бъдещи проучвания е необходимо изследват дългосрочната стабилност на зрителните резултати след шест месеца върху зрението за далечно разстояние и удовлетвореността на пациентите.

Най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA)

В обобщение в група 3 се установи значимо подобрение в параметъра на най-добре коригирана зрителна острота за близо във всички периоди в двете подгрупи 3А и 3В.

Група 3 потвърждава общата динамика от цялата популация, като единствената значима разлика е в предоперативното зрение на подгрупа 3А, което според нас се дължи на по-големи брой очи с добро предоперативно зрение. Резултатите от група 3 поддържат тези от общата популация. При сравнение на група 3 с контролната група не се установява значима разлика в резултатите. От сравнителния анализ направен между двете подгрупи 3А и 3В също няма значими разлики в BCNVA.

В направен метаанализ от екипа на Карам и съавтори [200] на 22 проучвания с 1206 пациента имплантирани с Е-ДОФ и мултифокални ВОЛ се установява значимо подобрение в зрителната острота за близко и следно разстояние при двете лещи, заключение което подкрепя нашите данни.

Най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние

От получените резултати в това проучване се установява значително подобрение в зрението на средно разстояние на 70 см и за двата вида мултифокални ВОЛ. От направения сравнителен анализ по този параметър, очите в подгрупа 3А са постигнали статистически значимо по-добра зрителна острота в сравнение с тези от 3В на 2-ра седмица и на 3-и месец след операцията.

И двете ВОЛ осигуряват по-добро зрение на средно разстояние в сравнение с предоперативните измервания, като 3А показва малко по-добри резултати. Наблюдаваните разлики са статистически значими, но може да не са клинично значими спрямо индивидуалните нужди на пациента. Алио и съавтори докладват в тяхната статия за мултифокалните ВОЛ по-добра зрителна острота при дифрактивните лещи в сравнение с рефрактивните такива [197]. Като слабост на този анализ се посочва липсата на група с хибридни лещи.

Разликата в получените резултати може да се дължи на различния оптичен дизайн на лещите.

Различните оптични принципи, на които са построени оптиките на двата вида ВОЛ е възможно да обясняват защо ВОЛ от подгрупа 3 А осигурява по-добро функционално зрение на средно разстояние. Подобно заключение правят и Сачдев и Сачдев в своята статия за оптимизиране на резултатите с МФ ВОЛ [201].

Проучването е ограничено от сравнително краткия период на проследяване от шест месеца. Допълнителни проучвания, сравняващи по-широка гама от мултифокални дизайни на ВОЛ с по-дълги периоди на проследяване, ще допринесат за подобряване на клиничните насоки за избор на ВОЛ.

Анализ на контрастна чувствителност

Проучването демонстрира, че докато мултифокалните ВОЛ подобряват контрастната чувствителност в сравнение с преди операцията, тези подобрения не достигнат напълно нивата на монофокалните ВОЛ както се установи от данните получени от настоящия анализ. От направения сравнителен анализ с контролната група се потвърждава динамиката в общата популация – монофокалните ВОЛ дават по-добра КЧ в сравнение с мултифокалните. Тази статистически значима разлика се проявява на трети и шести постоперативен месец. При сравнение на резултатите от КЧ между двете подгрупи, не се установява статистически значима разлика между тях.

Констатациите потвърждават литературните данни, че мултифокалните ВОЛ повишават общата контрастна чувствителност, в сравнение с предоперативните нива при наличие на катаракта [92]. Детлев и съавтори в своето проучване на МФ и Е-ДОФ ВОЛ достигат до подобно заключение. Наблюдаваната промяна към подобрение на шести месец е в съответствие с процеса на невроадаптация, при който мозъкът се приспособява към оптичните характеристики на мултифокалните лещи [198]. Проблеми с невроадаптацията често водят до намалена КЧ.

Хирургията на катаракта с имплантация на мултифокална ВОЛ, значително подобрява контрастната чувствителност, подобрявайки качеството на живот на пациентите и функционалното зрение [112]. Необходим е внимателен подбор и консултиране на пациенти, за да се избегнат потенциални нежелани ефекти свързани с адаптацията към оптиката на лещата и очакванията на пациентите.

Анализ на роговични аберации

Аберациите на роговицата значително влияят върху следоперативното качество на ретиналния образ и зрението, особено след операция на катаракта с мултифокални ВОЛ. Тези оптични несъвършенства могат да повлияят на контрастната чувствителност и цялостната яснота на зрението, особено в условия на слаба светлина.

Проучването разкрива значително намаляване в броя на очите, показващи аберации от висок порядък (НОА) след операцията и в двете подгрупи. Интересен резултат от проследяването е наличието на дефокус в повечето от изследваните очи, който обаче няма статистически значимо влияние върху качеството на ретиналния образ постоперативно. Тези резултати предполагат, че и двата типа мултифокални ВОЛ могат да подобрят качеството на следоперативното зрение. От направения сравнителен анализ не се установява значимо различие в качеството на ретиналния образ между двете подгрупи на база налични роговични аберации. Разликата се открива във вида аберации влияещи върху BCDVA - за подгрупа 3А е трейфойл, за 3В – трейфойл и кома.

Въпреки подобренията 2 пациенти (3 очи) съобщават за наличие на ореоли и отблясъци задържащи се до 6-и месец, в съответствие с компромисите при мултифокалния дизайн на ВОЛ описани от Детлев и съавтори [92].

Необходими са по-дълги периоди на проследяване, за да се оцени стабилността на намаляването на аберациите във времето. Бъдещите изследвания биха могли да проучат взаимодействието между дизайна на ВОЛ и биомеханиката на роговицата за допълнително оптимизиране на резултатите.

Анализ на времето за разкъсване на слъзния филм

В изследването се потвърждават данните от общата популация и заключенията от останалите групи – след оперативната интервенция времето за разкъсване на слъзния филм в двете подгрупи се намалява и се наблюдава влошаване на този параметър. Подобно влошаване на стойности е описано и от Адел и съавтори, които изследват влиянието на изложението на ултразвук и светлина по време на оперативната интервенция във връзка с скъсяване на времето за разкъсване на слъзния филм [202]. Възстановяването до стойности близки или над началните е чак на 6-и постоперативен месец. Поради доказаната корелация на влошаването на TBUT и намаление на качеството на зрението в популацията, ние приемаме, че е необходимо проследяване и лечение на настъпилата след операцията сухота с оглед по-бързото възстановяване, подобряване на качеството на ретиналния образ и по-добрият комфорт на пациентите. Необходимо е да се направи оценка на ролята на допълнителни технологии, като фемтосекундна лазерно-асистирана хирургия на катаракта, за подобряване на резултатите от оперативната интервенция [203].

ПЕТА ГЛАВА: ИЗВОДИ

1. В достъпната литература няма категорични заключения по отношение на значимите фактори влияещи върху качеството на образа след оперативно лечение на катаракта. Пациентите с имплантирани ВОЛ демонстрират отлична зрителна острота за далечно и близко разстояние, тези с E-DOF и мултифокални ВОЛ показват значителни подобрения в междинното разстояние.
2. Изследването на роговичните аберации в популацията и направения корелационен анализ потвърждават връзката между наличие на аберации от висок ред предоперативно и намаление на зрителната острота. Трефойл оказва най-голямо влияние в цялата група 2 и в група 3, а кома се проявява със значимост при очите в група 3В.
3. Установи се влияние на дефокус – аберация от нисък ред, върху качеството на ретиналния образ в изследваните очи от цялата кохорта и в групи 2 и 3В в предоперативното изследване.
4. Най-добре коригираната зрителна острота за далечно разстояние е установено по-добра при E-ДОФ ВОЛ спрямо монофокалните на 6-и месец, а при мултифокалните ВОЛ спрямо контролната група на 3-и и 6-и месец от периода на проследяване.
5. За най-добре коригираната зрителна острота за близо не се наблюдава статистически значима разлика в периодите на проследяване при E-ДОФ и мултифокалните ВОЛ спрямо контролната група.
6. За най-добре коригираната зрителна острота за средно разстояние се установява по-добри показатели при очите имплантирани с E-ДОФ вътреочни лещи спрямо резултатите на тези с мултифокални ВОЛ.
7. От изследването на контрастната чувствителност се наблюдава статистически значимо подобрение във всички групи на 2-ра седмица, като нивата се запазват. Очите имплантирани с монофокална ВОЛ показват значимо по-добра контрастна чувствителност спрямо останалите видове ВОЛ.
8. Ъгъл Алфа показва слаби корелации с намалена най-добре коригираната зрителна острота за близо в постоперативния период в цялата популация, но без влияние върху зрителната острота за далеч
9. Ъгъл Капа не оказва влияние върху BCVA за далеч. Установява се значим резултат при най-добре коригираната зрителна острота за близо на трети постоперативен месец
10. Промяната във времето на разкъсване на слъзния филм има влияние върху зрителната острота за далечно, но не и за близко разстояние.
11. Структурираният въпросник показва високи нива на удовлетвореност сред пациентите от всички видове ВОЛ. Над 95% от участниците изразяват задоволство от постоперативното си качество на зрението, потвърждавайки, че биха избрали отново същият вид ВОЛ.
12. Пациентите с остатъчни визуални артефакти като ореоли или отблясъци са 2,4% от популацията – по-нисък процент в сравнение с докладваните в литературата 5-10% .
13. Констатациите от настоящата дисертация подчертават ролята на детайната предоперативна диагностика при определяне на най-подходящата ВОЛ за всеки пациент и необходимостта от следоперативно проследяване на невроадаптацията, особено за мултифокални и E-ДОФ лещи, за да се отговори на очакванията на пациентите.

Въпреки че тази дисертация предоставя солидни доказателства за влиянието на роговичните аберации върху качеството на ретиналния образ и влиянието им върху различни видове ВОЛ, бъдещи проучвания са необходими за изследване на дългосрочната стабилност на зрителните резултати след шести постоперативен месец с оглед по-продължителната невроадаптация при възрастни пациенти. Бъдещите проучвания трябва да са насочени към изследване на методите за по-нататъшно оптимизиране на дизайна на всички ВОЛ и как съществуващите аберации на роговицата могат да бъдат по-добре адресирани в процеса на хирургично планиране.

В заключение, това изследване подчертава значението на индивидуализирания избор на ВОЛ спрямо нуждите на пациента, начина на живот и анатомията на окото и по-точно взимане под внимание на наличието на роговични аберации съотнесени към вида на ВОЛ. Като демонстрира значителни подобрения в зрението на всички дистанции, контрастната чувствителност и удовлетвореността на пациентите, проучването предоставя доказателства в подкрепа на клиничната ефикасност на съвременните технологии за ВОЛ за постигане на оптимално качество на образа след оперативното лечение.

ШЕСТА ГЛАВА. ПРИНОСИ

I. Приноси с познавателен характер

1. Направен е задълбочен и аналитичен литературен обзор на голям брой източници върху влиянието на различни фактори върху качеството на ретиналния образ и се изведоха тези с установено най-голямо влияние.
2. Извършен е подробен обзор на различните видове роговични аберации и влиянието им.
3. Извършен е подробен обзор на видовете ВОЛ, техните оптични качества.

II. Приноси с научно-приложен характер

1. За оценка на влиянието на различни фактори върху качеството на ретиналния образ е направено мащабно проучване с проследени 199 пациенти – 246 очи, което го прави съпоставимо с другите проучвания по света.
2. За първи път е извършено едновременно сравнително проучване на множество фактори приети за влияещи върху качеството на образа след оперативно лечение на катаракта при очи имплантирани с пет различни вида ВОЛ. Извършено е сравнително проучване между обособени групи от болни с имплантирани различни видове ВОЛ – монофокални, Е-ДОФ и мултифокални. Установени са факторите влияещи върху качеството на образа при всеки тип ВОЛ.
3. Установени са предоперативните фактори от страна на окото влияещи върху постоперативното качество на ретиналния образ и зрението.
4. Доказана е корелация между наличие на роговични аберации от висок ред, нисък ред и влошаване на образа след оперативно лечение.
5. Доказана е корелация между наличие на по-големи стойности на ъгъл алфа и влошено зрение за близко разстояние.
6. Доказа се по-добрата постоперативна контрастна чувствителност при очи имплантирани с монофокална ВОЛ, в сравнение с други видове ВОЛ.

III. Приноси с потвърдителен характер

1. Получен е доказателствен материал в подкрепа на становището, че наличието на роговични аберации води до влошаване на качеството на ретиналния образ.
2. Получен е доказателствен материал в подкрепа на становището, че качеството на ретиналния образ се влияе от всички изследвани в проучването фактори, включително и дизайна на оптиката на ВОЛ.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] D. Greetha, „The Evolution of Cataract Surgery,“ *Mo Med*, vol. 113, no. Jan-Feb, pp. 58-62, 2016.
- [2] L. G. Health, “GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION,” pp. 144-160, 2021 Feb.
- [3] WHO, “World Health Organisation,” 2021 Feb;9. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [4] M. Dr. Ananya Mandal, “news-medical.net,” 24 AUG 2023. [Online]. Available: <https://www.news-medical.net/health/Cataract-History.aspx#:~:text=The%20earliest%20documented%20case%20of,thought%20to%20represent%20a%20cataract..>
- [5] H. P. R. Y. A. e. a. Hashemi, „Global and regional prevalence of age-related cataract: a comprehensive systematic review and meta-analysis,“ *Eye* 34, p. 1357–1370, 2020.
- [6] P. Sibylle Scholtz, „An Ophthalmic Success Story: The History of IOL Materials,“ *CRST Global Eurpoe edition*, 2006.
- [7] P. (. Artal, *The Eye as an Optical Instrument*, Springer, Cham, 2016.
- [8] A. Y. Chang and B. Purt, “National Library of Medicine,” 5 6 2023. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572136/>.
- [9] R. O. M. P. Montés-Micó, „Role of the tear film in the optical quality of the human eye,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 33, pp. 1631-1635, 2007.
- [10] I. P. A. Oskar, “Ocular disesaes,” Sofia, MI Arso, 2021.
- [11] A. A. o. B. a. C. S. C. Ophthalmology, Section 08: External Disease and Cornea, USA: AAO, 2021.
- [12] A. A. o. B. a. C. S. C. Ophthalmology, Section 11: Lens and Cataract, USA: AAO, 2022-2023.
- [13] A. A. o. B. a. C. S. C. Ophthalmology, Section 12: Retina and Vitreous, USA: AAO, 2021.
- [14] Y. Y. L. E. L. N. L. Z. Z. H. S. X. Fang R, “Global, regional, national burden and gender disparity of cataract: findings from the global burden of disease study 2019,” *BMC Public Health*, 2022.
- [15] WHO, “Blindness and vision impairment,” 10 AUG 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [16] R. K. R. B. e. a. Moncef K, „Number of people blind or visually impaired by cataract worldwide and in world regions, 1990 to 2010,“ *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 56, pp. 6762-6769, 2015.
- [17] G. L. E. L. A. Y. e. a. Lee Cecilia S, „Association Between Cataract Extraction and Development of Dementia,“ *JAMA Intern Med.*, vol. 182, pp. 134-141, 2022.
- [18] K. Boyd, “AAO,” AAO, 16 OCT 2023. [Online]. Available: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-are-cataracts#causes>.
- [19] C. J. D. D. D. S. H. d. L. M. W. S. K. & S. T. D. Hammond, „The heritability of age-related cortical cataract: the twin eye study,“ *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, no. 42(3), pp. 601-605., 2001.
- [20] H. R. T. Catherine A. McCarty, „The Genetics of Cataract,“ *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 42, no. 8, pp. 1677-1678, 2001.
- [21] J. E. P. Roberts, „Ultraviolet Radiation as a Risk Factor for Cataract and Macular Degeneration,“ *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, vol. 37, no. 4, pp. 246-249, 2011.

- [22] B. E. K. R. L. K. E. & C. K. J. Klein, „Associations of performance-based and self-reported measures of visual function,“ *Ophthalmology*, vol. 108, no. 2, pp. 360-368, 2001.
- [23] T. K. I. M. G. Y. Kiziltoprak H, „Cataract in diabetes mellitus. World J Diabetes,“ *World J Diabetes*, vol. 10, no. 3, pp. 140-153, 2019.
- [24] M. K. O. M. Carlson J, “Drugs associated with cataract formation represent an unmet need in cataract research,“ *Front Med (Lausanne)*, 2022.
- [25] G. C. B. A. T. A. Weikel KA, „Nutritional modulation of cataract,“ *Nutr Rev.*, no. 72, pp. 30-47, 2014.
- [26] J. M. Vicente Victor Dizon Ocampo, “Senile Cataract (Age-Related Cataract) Clinical Presentation,” Medscape, 02 MAR 2021. [Online]. Available: <https://emedicine.medscape.com/article/1210914-clinical?form=fpf>.
- [27] M. Ananya Mandal, “News Medical Life Sciences,” 04 jul 2030. [Online]. Available: <https://www.news-medical.net/health/Cataract-Classification.aspx>.
- [28] A. K. W. A. S. A. G. Christopher T. Leffler1, „The history of cataract surgery: from couching to phacoemulsification,“ *Annals of translational medicine*, 2020.
- [29] Kelman, “Phaco-Emulsification and Aspiration: A New Technique of Cataract Removal: A Preliminary Report,” vol. 191, no. xxx-xl, jul 2018.
- [30] D. R. H. G. K. S. R. L. L. Eric J Linebarger, „Phacoemulsification and Modern Cataract Surgery,“ *Survey of Ophthalmology*, vol. 44, no. 2, pp. 123-147, 1999.
- [31] P. A. Shah and S. Yoo, „Innovations in phacoemulsification technology,“ *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 18, no. 1, pp. 23-26, 2007.
- [32] A. Maalej, A. Khallouli, C. Wathek and R. Rannen, „Ozil@versus conventional ultrasound phacoemulsificatio,“ *International Ophthalmology*, vol. 35, no. 4, p. 565–568. , 2015.
- [33] H. Y. Choi JY, „Long-term (≥ 10 years) results of corneal endothelial cell loss after cataract surgery,“ *Canadian Journal of Ophthalmology* , vol. 54, no. 4, pp. 438-444, 2019.
- [34] K. N. V. B. Abell RG, „Femtosecond-laser assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery,“ *Clinical Experiment Ophthalmology*, vol. 41, no. 5, pp. 455-462, 2013.
- [35] A. Agarwal and S. Jacob, „Current and effective advantages of femto phacoemulsification,“ *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 28, pp. 49-57, 2017.
- [36] M. L. F.-V.-C. M. P. R. D. M. D. D. M. R. H. M. M. J. M. L. P. M. K. S. M. A. R. S. S. Kendall Donaldson MD, „Perioperative assessment for refractive cataract surgery,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 44, no. 5, pp. 642-653, 2018.
- [37] P. Aristodemou, J. M. Sparrow and S. Kaye, „Evaluating Refractive Outcomes after Cataract Surgery,“ *Ophthalmology*, vol. 126, no. 1, pp. 13-18, 2019.
- [38] N. E. K. C. J. M. S. R. L. J. A. P. C. N. S. J. J. R. r. o. i. c. s. A. g. p. J. O. Petros Aristodemou and . 1.-1. [DO, „Improving refractive outcomes in cataract surgery: A global perspective,“ *World Journal of Ophthalmology*, vol. 4, no. 4, pp. 140-146, 2014.
- [39] O. Findl, K. Kriechbaum, S. Sacu, B. Kiss, K. Polak, J. Nepp, G. Schild, G. Rainer, S. Maca, V. Petternel, B. Lackner and W. Drexler, „Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery* , vol. 29, no. 10, pp. 1950-1955, 2003.
- [40] S. HJ, “A comparison of immersion and contact techniques for axial length measurement. J Am Intraocul Implant Soc. 1984;10:444-447 Aristodemou P, Cartwright NEK, Sparrow JM, Johnston RL. Improving refractive outcomes in cataract surgery: A global perspective. Wo,” J Am Intraocul Implant Soc . , 1984.

- [41] . H. G. Hoffer KJ, «Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length,» *Cataract Refractive Surgery*, vol. 36, pp. 644-648, 2010.
- [42] W. Haigis, “Challenges and approaches in modern biometry and IOL calculation,” *Saudi Journal of Ophthalmology*, 2012.
- [43] V. Gupta, H. Pal, S. Sawhney, A. Aggarwal, M. Vanathi and G. Luthra, „Optimization of biometry for best refractive outcome in cataract surgery,“ *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 72, no. 1, pp. 29-43, 2024.
- [44] A. A. S. U. Devgan, “Mastering Lens Calculations: New Formulas and Comparisons,” *Current Ophthalmology Reports*, 2018.
- [45] P. P. S. R. Mohinder Singh Dang, „SRK II formula in the calculation of intraocular lens power,“ *British Journal of Ophthalmology*, , vol. 73, no. 10, pp. 823-826, 1989.
- [46] F. N. E. K. C. M. J. M. S. D. F. R. L. J. F. Petros Aristodemou, „Intraocular lens formula constant optimization and partial coherence interferometry biometry: Refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery* , vol. 37, pp. 50-62, 2011.
- [47] J. H. Q. Z. X. L. S. L. J. H. Wanping Zhang, „Angle Kappa and angle Alpha agreement between Pentacam Scheimpflug system, swept source optical coherence tomography and ray-tracing aberrometry,“ *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, vol. 45, 2024.
- [48] M. J. K. M. D. C. M. D. W. M. Y. Z. P. M. H. P. X. L. M. Q. D. M. J. L. M. Y.-e. Z. M. Yana Fu, „Influence of angle kappa and angle alpha on visual quality after implantation of multifocal intraocular lenses,“ *Journal of cataract and refractive surgery.*, 1 04 2019.
- [49] A. G. I. G. C. a. D. R. W. Jason Porter, „Monochromatic aberrations of the human eye in a large population,“ *Journal of the Optical Society of America*, vol. 18, no. 8, pp. 1793-1803, 2001.
- [50] T. Y. Chew, “Wavefront sensors in Adaptive Optics,” UC library, 2008.
- [51] T. O. Salmon, L. N. Thibos and A. Bradley, „Comparison of the eye’s wave-front aberration measured psychophysically and with the Shack–Hartmann wave-front sensor,“ *Journal of the Optical Society of America*, vol. 15, no. 9, pp. 2457-2465, 1998.
- [52] D. S. I. P. B. S. V. M. M. Y. S. W. M. a. I. G. P. M. Vasyly V Molebny, „Principles of Ray Tracing Aberrometry,“ *Journal of Refractive Surgery*, vol. 16, no. 5, pp. 572-575, 2013.
- [53] M. B. L. M. T. M. M. N. F. M. R. A. J. M. P. Fernando Faria-Correia, „Scheimpflug lens densitometry and ocular wavefront aberrations in patients with mild nuclear cataract,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 42, no. 3, pp. 405-411, 2016.
- [54] T. Olsen, „Calculation of intraocular lens power: a review,“ *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, vol. 85, pp. 472-485, 2007.
- [55] T. Olsen, „Sources of error in intraocular lens power calculation,“ . *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 18, no. 2, p. 125–129., 1992.
- [56] T. Olsen, H. Olesen, K. Thim and L. Corydon, „Prediction of pseudophakic anterior chamber depth with the newer IOL calculation formulas,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery* , vol. 18, no. 3, pp. 280-285, 1992.
- [57] M. Thomas Olsen, „Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery* , vol. 32, pp. 419-424, 2006.
- [58] P. G. K. M. N.E. Sverker Norrby, „Prediction of intraocular lens power using the lens haptic plane concept,“ *J CATARACT REFRACT SURG*, vol. 23, no. 2, pp. 254-259, 1997.
- [59] S. N. K. G. S. E. T. a. G. A. Georgios Tsiropoulos Eleftherios Loukovitis, “Five generations of intraocular lens power calculation formulas: A review,” *Medical Hypothesis, discovery and Innovation in Optometry*, 2020.

- [60] D. Sanders, J. Retzlaff, M. Kraff, R. Kratz, J. Gills, R. Levine, M. Colvard, J. Weisel and T. Loyd, „Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK™ implant power prediction formulas,“ *American Intra-Ocular Implant Society Journal*, vol. 7, no. 4, pp. 337-340, 1981.
- [61] B. RD, „The optical design of intraocular lens implants,“ *Ophthalmic Surgery*, vol. 6, no. 3, pp. 17-31, 1975.
- [62] P. T. C. T. M. K. L. J. R. R. Holladay JT, „A three-part system for refining intraocular lens power calculations,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 14, pp. 17-24, 1988.
- [63] H. Kenneth J, „The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 19, pp. 700-712, 1993.
- [64] J. A. Retzlaff, D. R. Sanders and M. C. Kraff, „Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 16, no. 3, pp. 333-340, 1990.
- [65] M. W. D. P. R. M. M. H. H. P. C. K. H. P. A. F. F. P. Oliver Findl, „Improved prediction of intraocular lens power using partial coherence interferometry,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 27, no. 6, pp. 861-867, 2001.
- [66] G. S. C. M. E. P. Y. C. K. H. Colette S.L. Tsang, „Intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with high axial myopia,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 29, no. 7, pp. 1358-1364, 2003.
- [67] M. T. L. C. David L. Cooke, „Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 42, no. 8, pp. 1157-1164, 2016.
- [68] H. Hashemi, M. Khabazkhoob, F. Rezvan, A. Fotouhi, S. Asgari and M. Miraftab, „Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula in patients with normal axial length,“ *Middle East African Journal of Ophthalmology*, vol. 21, no. 4, pp. 307-312, 2014.
- [69] P. Aristodemou, N. E. K. Cartwright, J. M. Sparrow and R. L. J. (, „Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 37, no. 1, pp. 0-71, 2011.
- [70] R. M. Sheard, G. T. Smith and D. L. Cooke, „Improving the prediction accuracy of the SRK/T formula: The T2 formula,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 36, no. 11, pp. 1829-1834, 2010.
- [71] J. X. Kane, A. Van Heerden, A. Atik and C. K. Petsoglou, „Accuracy of 3 new methods for intraocular lens power selection,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 43, no. 3, pp. 333-339, 2017.
- [72] J. X. Kane, A. Van Heerden, A. Atik and C. Petsoglou, „Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. J,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 42, no. 10, pp. 1490-1500, 2017.
- [73] W. Haigis, „ Occurrence of Erroneous Anterior Chamber Depth in the SRK/T Formula,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 19, no. 3, pp. 442-443, 1993.
- [74] O. Reitlat, E. I. Assia, G. Kleinmann, A. Levy, G. D. Barrett and A. Abulafia, „Accuracy of predicted refraction with multifocal intraocular lenses using two biometry measurement devices and multiple intraocular lens power calculation formulas,“ *Clinical and Experimental Ophthalmology*, vol. 43, no. 4, pp. 328-334, 2015.
- [75] T. Olsen and H. Gimbel, „Phacoemulsification, capsulorhexis, and intraocular lens power prediction accuracy,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, Vols. 19(6), , no. 6, p. 695–699, 1993.

- [76] K. J. Hoffer, „Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 26, no. 8, pp. 1233-1237, 2000.
- [77] C. M. C. L. M. e. a. .. Hodge, „Intraocular lens power calculation following laser refractive surgery,“ *Eye and Vision*, vol. 2, no. 7, 2015.
- [78] P. Aristodemou, N. E. K. Cartwright, J. M. Sparrow and R. L. Johnston, „Biometry formula choice and cataract refractive outcomes.,“ *Journal compilation*, vol. 38, no. 5, p. 536–537., 2010.
- [79] K. Petermeier, F. Gekeler, A. Messias, M. S. Spitzer, W. Haigis and P. Szurman, „Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 35, no. 9, pp. 1575-1581, 2019.
- [80] L. B. M. N. S. B. Haigis W, „Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis,“ *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* , vol. 283, pp. 765-773, 2000.
- [81] W. Haigis, „Intraocular lens calculation in extreme myopia,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 35, no. 5, pp. 907-911, 2009.
- [82] B. GD, “Barrett universal II formula,” sia-Pacific association of cataract and refractive surgeons, Singapore, 2018.
- [83] G. D. Barrett, “Barrett universal II formula.A,” sia-Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons,, Singapore, 2018.
- [84] T. Olsen and P. Hoffmann, „C constant: New concept for ray tracing–assisted intraocular lens power calculation,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 40, no. 5, p. 764–773, 2014.
- [85] B. GD, „An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction.,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 19, pp. 713-720, 1993.
- [86] G. D. Barrett, „An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction,“ *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 19, no. 6, pp. 713-720, 1993.
- [87] H. W., „The Haigis formula. In: Shamma HJ, editor. Intraocular Lens Power Calculations,“ *Thorofare, NJq Slack* , pp. 41-57, 2004.
- [88] N. Tan, D. Zheng and J. Ye, „Comparison of Visual Performance after Implantation of 3 Types of Intraocular Lenses: Accommodative, Multifocal, and Monofocal,“ *European Journal of Ophthalmology*,, vol. 24, no. 5, p. 693–698, 2014.
- [89] U. Unsal and H. Sabur, “Comparison of new monofocal innovative and standard monofocal intraocular lens after phacoemulsification,” Springer, 2020.
- [90] H. K. T. A. F. T. K. G. U. A. P. R. H. Detlev R.H. Breyer, „Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses,“ *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* , vol. 6, no. 4, pp. 339-349, 2017.
- [91] M. Uday Devgan, „Understanding extended depth of focus IOLs,“ *Ocular Surgery News* , 25 3 2021.
- [92] E. M.-B. Alió Jorge L., „Extended depth-of-focus IOLs: A review,“ *Ophthalmology Times Europe*, vol. 19, no. 5, pp. 14-16, 2023.
- [93] D. F. Alanna Nattis, „The Ultimate Guide to the Most Commonly Used IOLs,“ *Eyes On Eyecare*, 8 11 2021.
- [94] E. Pedrotti, F. Carones, F. Aiello, R. Mastropasqua, E. Bruni, E. Bonacci, P. Talli, C. Nucci, C. Mariotti and G. Marchini, „Comparative analysis of visual outcomes with 4 intraocular lenses: Monofocal, multifocal, and extended range of vision,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 44, no. 2, p. 156–167., 2018.
- [95] A. Stuart, „The Lowdown on High-Tech IOLs,“ *EyeNet Magazine* , October 2017.

- [96] F. Vega, F. Alba-Bueno, M. S. Millán, C. Varón, M. A. Gil and J. A. Buil, „Halo and Through-Focus Performance of Four Diffractive Multifocal Intraocular Lenses,“ *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 56, pp. 3967-3975, June 2015.
- [97] A. K. Schuster, J. Tesarz and U. Vossmerbaeumer, „The Impact on Vision of Aspheric to Spherical Monofocal Intraocular Lenses in Cataract Surgery,“ *Ophthalmology*, vol. 120, no. 11, pp. 2166-2175, 2013.
- [98] Alcon, “MyAlcon,” MyAlcon Professionals, 2022. [Online]. Available: <https://www.myalcon.com/international/professional/cataract-surgery/surgical-equipment/centurion/>.
- [99] S. S. G. A. Florian Kretz, “A Brief History of IOL Materials,” *The Ophthalmologist*, 2014.
- [100] A. Denoyer, M.-L. L. Lez, S. Majzoub and P.-J. Pisella, „Quality of vision after cataract surgery after Tecnis Z9000 intraocular lens implantation: Effect of contrast sensitivity and wavefront aberration improvements on the quality of daily vision,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 33, no. 2, pp. 210-216, 2007.
- [101] H. T. H. S. T. e. a. Tanabe, “Comparison of visual performance between monofocal and multifocal intraocular lenses of the same material and basic design.,” *Scientific Reports*, 2020.
- [102] H. B. Christenbury J, „Visual Outcomes and Patient Satisfaction with a Hydrophobic Acrylic Monofocal IOL Delivered Using a Manual System,“ *Clinical Ophthalmology*, vol. 18, pp. 3485-3491, 2024.
- [103] W. H. H. S. H. e. a. Choi, „Clinical outcomes of bilateral implantation of new generation monofocal IOL enhanced for intermediate distance and conventional monofocal IOL in a Korean population,“ *BMC Ophthalmol* , vol. 23, no. 157, 2023.
- [104] B. H. Can İ, „Clinical Outcomes of Enhanced Monofocal (Mono-EDOF) Intraocular Lenses with the Mini-Monovision Technique versus Trifocal Intraocular Lenses: A Comparative Study,“ *Turkish Journal of Ophthalmology*, vol. 54, no. 4, pp. 190-197, 2024.
- [105] V. H. v. d. L.-M. J. P. D. Goslings O, „Clinical outcomes with an aspheric monofocal and a new enhanced monofocal intraocular lens with modified optical profile,“ *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.*, vol. 261, no. 8, pp. 2315-2326., 2023 .
- [106] E. F. O. C. A. S. S. R. Rita Mencucci, „Comparative analysis of visual outcomes, reading skills, contrast sensitivity, and patient satisfaction with two models of trifocal diffractive intraocular lenses and an extended range of vision intraocular lens,“ *Graefe’s Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2018.
- [107] D. L. Y. W. W. C. X. Y. X. Y. Z. C. C. X. D. Y. L. W. C. H. L. Li Zhang, „Comparison of Visual Neuroadaptations After Multifocal and Monofocal Intraocular Lens Implantation,“ *Frontiers in Neuroscience*, 14 June 2021.
- [108] S. M. P. C. C. L. Z. N. A.-M. A. S. M. R. S. T. W. O. J. K. M. W. R. R. Julie M. Schallhorn, „Multifocal and Accommodating Intraocular Lenses for the Treatment of Presbyopia,“ *Ophthalmic Technology Assessment*, vol. 128, no. 10, pp. 1469-1482, 2021.
- [109] C. Rocha-de-Lossada, E. Colmenero-Reina, D. Flikier, F.-J. Castro-Alonso, A. Rodriguez-Raton, J.-L. García-Madrona, J. Peraza-Nieves and J.-M. Sánchez-González, „Intraocular lens power calculation formula accuracy: Comparison of 12 formulas for a trifocal hydrophilic intraocular lens,“ *European Journal of Ophthalmology*, vol. 00, no. 0, pp. 1-8, 2020.
- [110] S. Y. Wang, M. S. Stem, G. Oren, R. Shtein and P. R. Lichter, “Patient-centered and visual quality outcomes of premium cataract surgery: a systematic review,” *European Journal of Ophthalmology*, 2017.
- [111] A. A. d. J. V. E. D. Charlesworth E, „When is refraction stable following routine cataract surgery? A systematic review and meta-analysis,“ *Ophthalmic and Physiological Optic*, vol. 40, p. 531–539, 2020.

- [112] P. Desai, A. Reidy, D. C. Minassian, G. Vafidis and J. Bolger, „Gains from cataract surgery: visual function and quality of life,“ *British Journal of Ophthalmology*, vol. 80, no. 10, p. 868–873, 1996.
- [113] E. Skiadaresi, C. McAlinden, K. Pesudovs, S. Polizzi, J. Khadka and G. Ravalico, „Subjective Quality of Vision Before and After Cataract Surgery,“ *Archives of Ophthalmology*, vol. 130, no. 11, pp. 1377-1382, 2012.
- [114] M. I. R. MarkPacker, „Contrast Sensitivity and Measuring Cataract Outcomes,“ *Ophthalmology Clinics of North America*, vol. 19, p. 521–533, 2006.
- [115] P. F. Tzelikis, L. Akaishi, F. C. Trindade and J. E. Boteon, „Ocular aberrations and contrast sensitivity after cataract surgery with AcrySof IQ intraocular lens implantation: Clinical comparative study,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 33, no. 11, pp. 1918-1924, 2007.
- [116] J. Tatum, “Introduction to Optical Aberrations,” Library homepage physics.
- [117] G. Elert, “Aberration,” The physics Hypertextbook, 1998.
- [118] J. Porter, A. Guirao, I. G. Cox and D. R. Williams, „Monochromatic aberrations of the human eye in a large population,“ *Journal of Ophthalmologic Society of America*, vol. 18, no. 8, pp. 1793-1803, 2001.
- [119] C. B. 3. By Zom-B at en.wikipedia, Artist, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15880824>. [Art]. en.wikipedia, 2024.
- [120] P. Gifford, “Understanding spherical aberration,” Myopia Profile, Canada.
- [121] F. S. D. A. Karimian F, „Higher-order aberrations in myopic eyes,“ *J Ophthalmic Vis Res*, vol. 5, no. 3, p. 214, 2010.
- [122] P. D. B. E. v. S. C. Pohlmann D, „Corneal higher-order aberrations after cataract surgery: Manual phacoemulsification versus femtosecond-laser assisted technique,“ *European Journal of Ophthalmology*, vol. 31, no. 6, pp. 2955-2961, 2021.
- [123] M. P. G. L. E. P. Marco Lombardo, „Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 36, pp. 314-331, 2009.
- [124] M. N. R. F. M. Samuel Masket, „Pseudophakic Dysphotopsia: A Review of Incidence, Etiology and Treatment of Positive and Negative Dysphotopsia,“ *Ophthalmology*, vol. 128, no. 11, pp. 195-205, 2021.
- [125] M. Y. L. V. M. Hoon Jung, “Cataract Surgery Following Cornea Transplant,” American Academy of Ophthalmology, 2024.
- [126] M. F. A. M. C. M. M. Andrew Yazji, “Surgical Approach to Cataract Surgery with Keratoconus,” American Acaedmy of ophthalmology, 2024.
- [127] Д.-р. А. В. ГЕОРГИЕВА, “СЪСТОЯНИЕ НА МАКУЛАТА И РИСКОВИ ФАКТОРИ ЗА РАЗВИТИЕ НА МАКУЛЕН ЕДЕМ СЛЕД ФАКОЕМУЛСИФИКАЦИЯ ПРИ БОЛНИ СЪС ЗАХАРЕН,” МУ София, 2011.
- [128] J. K. J. K. J. K. C. Joon, „Short-Term Outcomes of Cataract Surgery in Patients with a History of Central Serous Chorioretinopathy,“ *Journal of Ophthalmology*, vol. 3, pp. 1-6, 2021.
- [129] X.-T.-A. e. a. Nguyen, „Outcome of Cataract Surgery in Patients With Retinitis Pigmentosa,“ *American Journal of Ophthalmology*, vol. 246, pp. 1-9, 2023.
- [130] S. S. F. C. Baheti U, „ataract surgery in patients with history of uveitis,“ *Saudi Journal of Ophthalmology*, vol. 26, no. 1, pp. 55-60, 2012.

- [131] M. Moshirfar, A. N. Somani, M. N. Motlagh and Y. C. Ronquillo, „Management of cataract in the setting of uveitis: a review of the current literature.,“ *Current Opinion in Ophthalmology* , vol. 31, no. 1, pp. 3-9, 2020.
- [132] M. D. Conway, E. Stern, D. B. Enfield and G. A. Peyman, „Management of cataract in uveitis patients,“ *Current Opinion in Ophthalmology* , vol. 29, no. 1, pp. 69-74, 2018.
- [133] R. N. Van Gelder and T. K. Leveque, „Cataract surgery in the setting of uveitis,“ *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 20, no. 1, p. 42–45, 2009.
- [134] J. L. A. d. B. C. M. M. C. L. P. & J. L. A. Olena Al-Shymali, „Multifocal intraocular lens exchange to monofocal for the management of neuroadaptation failure,“ *Eye and Vision*, vol. 9, no. 40, 2022.
- [135] Rudkovskaya, „ Neuroadaptation to multifocal intraocular lenses: A new approach to solving the problem,“ *Journal of Neurology & Stroke*, vol. 12, no. 2, 2022.
- [136] M. D. D. K. M. Li Wang, „Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 29, pp. 1896-1903, 2003.
- [137] M. E. C. W. F. a. J. H. T. M. Kathryn M. Hatch, „Intraocular Lens Power Selection and Positioning With and Without Intraoperative Aberrometry,“ *Journal of Refractive Surgery*, vol. 31, no. 4, p. 237–242, 2015.
- [138] O. P. J. D. M. R. R. E. J. S. P. Raymond A. Applegate, „Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 29, pp. 1487-1495, 2003.
- [139] S. G. V. G. D. K. P. S. Ayushi Sinha, „iTrace – A Ray Tracing Aberrometer,“ *Delhi J Ophthalmol* , vol. 30, pp. 72-75, 2019.
- [140] T. Technologies, “Tracey Technologies,” Tracey Technologies , [Online]. Available: <https://www.traceytechnologies.com/itrace-ophthalmic-technology/>.
- [141] A. E. A. E.-H. H. e. a. ein El-Dein, „Objective and subjective evaluation of trifocal diffractive intraocular Lens after cataract extraction with phacoemulsification: a prospective clinical study,“ *BMC Ophthalmol*, vol. 21, no. 179, 2021.
- [142] L. Wang, N. Wang and D. D. Koch., „Evaluation of refractive error measurements of the WaveScan WaveFront system and the Tracey wavefront aberrometer,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 29, pp. 970-979, 2003.
- [143] V. S. M. C. Arba Mosquera S, „Centration axis in refractive surgery.,“ *Eye and Vision*, vol. 24, no. , pp. 2-4, 2015.
- [144] Z. O. Website, “Zeiss Official website,” Zeiss, [Online]. Available: <https://www.zeiss.com/meditec/en/products/optical-biometers/iolmaster-700.html>.
- [145] B. company, “Bon.de,” Bon company, 2021 Rev.2. [Online]. Available: <https://bon.de/en/product/bon-antares-plus-the-high-end-dry-eye-topographer/>.
- [146] M. Robert J. Cionni, “Evaluating Two Key Safety Advances in the CENTURION Vision System,” Digital Supplement, Salt Lake City, Cataract & Refractive Surgery Today.
- [147] C. D. Kelman, History of phacoemulsification, 2004.
- [148] M. K. M. J. A. S. P. M. D. W. D. M. B. B. M. J. R. M. M. W. M. Jessica Randolph, “Cataract Surgery Complications,” American Academy of Ophthalmology Eyewiki, 2024.
- [149] E. W. Weisstein, “MathWorld--A Wolfram Web Resource.,” MathWorld--A Wolfram Web Resource., 10 10 2024. [Online]. Available: <https://mathworld.wolfram.com/FishersExactTest.html>.

- [150] P. S. D. o. Statistics, "Analysis of Discrete Data," The Pennsylvania State University, 2024. [Online]. Available: <https://online.stat.psu.edu/stat504/lesson/4/4.5>.
- [151] P. C. i. a. f. w. w. l. y. W. S. e. a. a. d. t. B. h. e. d. t. e. A. i. a. e. i. e. a. b. f. A. r. Adam Hayes Full Bio Adam Hayes, "T-Test: What It Is With Multiple Formulas and When To Use Them," Investopedia, 1004 2024. [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/t/t-test.asp>.
- [152] G. Dotmatics, "The Ultimate Guide to T Tests," Dotmatics, 2024. [Online]. Available: <https://www.graphpad.com/guides/the-ultimate-guide-to-t-tests>.
- [153] E. McClenaghan, "Mann-Whitney U Test: Assumptions and Example," Technology Networks logo, 25 03 2024. [Online]. Available: <https://www.technologynetworks.com/informatics/articles/mann-whitney-u-test-assumptions-and-example-363425>.
- [154] D. Tab, "Data Tab," Data tab, 2024. [Online]. Available: <https://datatab.net/tutorial/spearman-correlation>.
- [155] M. A. Nanavaty, D. J. Spalton, J. Boyce, S. Saha and J. Marshall., „Wavefront aberrations, depth of focus, and contrast sensitivity with aspheric and spherical intraocular lenses: Fellow-eye study. , 35(4), 0–671.,“ *Journal of Cataract and Refractive surgery*, vol. 35, pp. 663-671, 2009.
- [156] M. Asim R. Piracha, „Using Angle Alpha in Premium IOL Screening,“ *Cataract & Refractive Surgery Today*, 03 2016.
- [157] A. E. T. Grzybowski, „Angle alpha as predictor for improving patient satisfaction with multifocal intraocular lenses?,“ *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, vol. 259, p. 563–565, 2021.
- [158] C. e. a. Matossian, „Cataract Predictability: Screen and Treat Unstable Tear Film in Weeks,“ *Ophthalmology Times Europe*, vol. 18, no. 9, 2022.
- [159] Y. J. D. C. K. H. K. Taehoon Oh, „Changes in the tear film and ocular surface after cataract surgery,“ *Japanese Journal of Ophthalmology*, vol. 56, pp. 113-118, 2012.
- [160] M. K. K. I. V.-M. P. Lasta M, „Effect of Spherical Aberration on the Optical Quality after Implantation of Two Different Aspherical Intraocular Lenses,“ *Journal of Ophthalmology*, 16 08 2017.
- [161] T. Yamaguchi, K. Ohnuma, D. Tomida, K. Konomi, Y. Satake, K. Negishi, K. Tsubota and J. Shimazaki, „The Contribution of the Posterior Surface to the Corneal Aberrations in Eyes after Keratoplasty,“ *Investigative Ophthalmology & Visual Science* , vol. 52, pp. 6222-6229., 2011.
- [162] L. Z. Jia LX, „Clinical study of customized aspherical intraocular lens implants,“ *International Journal of Ophthalmology*, vol. 7, no. 5, pp. 816-821, 2014.
- [163] Z. A. M. D. J. A. A. Y. E. M. C. Robert Edward T. Ang, "Correlation of Angle Kappa and Angle Alpha on Visual Outcomes in Eyes Implanted with Three Types of Diffractive Trifocal Intraocular Lenses," Reserch Square, 2024.
- [164] G. Cervantes-Coste, A. Tapia, C. Corredor-Ortega, M. Osorio, R. Valdez, M. Massaro, C. Velasco-Barona and R. Gonzalez-Salinas, „The Influence of Angle Alpha, Angle Kappa, and Optical Aberrations on Visual Outcomes after the Implantation of a High-Addition Trifocal IOL,“ *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11, no. 3, p. 896, 2022.
- [165] S. H. F. N. K. M. Assaf AH, „Evaluation of Visual Outcomes, Postoperative Angle Alpha, and Angle Kappa After Implantation of Isofocal Intraocular Lenses,“ *Clinical Ophthalmology*, vol. 18, pp. 2879-2890, 2024.
- [166] M. J. L. M. William B. Trattler, „What cataract surgeons don't know can hurt premium IOL outcomes,“ *Ophthalmology times*, 15 11 2013.
- [167] D. S. K. D. V. M. Dr. Akshaydeep Jain, „Effect on tear film after SICS and Phacoemulsification: A comparative study,“ *International Journal of Medical and Health Research* , vol. 6, no. 3, pp. 46-50, 2020.

- [168] B. C. T. W. Luchs J, „Incidence of blepharitis in patients scheduled for phacoemulsification.,“ in *American Society of Cataract and Refractive Surgery Annual Symposium and Congress*, 2010, Boston.
- [169] M. J. Morgan Micheletti, „Monofocal IOLs: Impact of Optical Design on Range of Vision,“ *Cataract & Refractive Surgery Today digital supplement*, 2024.
- [170] M. F. F. P. Anna F. Fakadej, „ Why My Choice Is the AcrySof IQ IOL,“ *Cataract & Refractive Surgery Today*, 18 5 2018.
- [171] Y. M. H. S. Y. K. Hayashi K, „Short-Term Changes in Prediction Error after Cataract Surgery in Eyes Receiving 1 of 3 Types of Single-Piece Acrylic Intraocular Lenses,“ *American Journal of Ophthalmology* , vol. 219, pp. 12-20, 2020 .
- [172] D. Hutton, „ASCRS 2023: New head-to-head data show monofocal IOLs provide similar range of vision,“ *Ophthalmology Times*, 07 05 2023.
- [173] K. N. G. S. G. S. Yangzes S, „Comparison of an aspheric monofocal intraocular lens with the new generation monofocal lens using defocus curve,“ *Indian J Ophthalmol.*, vol. 68, no. 12, pp. 3025-3029, 2020.
- [174] V. C. C. G. B. J. Gil MÁ, „Far and Near Contrast Sensitivity and Quality of Vision with Six Presbyopia Correcting Intraocular Lenses.,“ *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11, no. 14, p. 4150, 2022.
- [175] E. H. O. A. A. N. C. B. A. A. Mesci C, „Differences in contrast sensitivity between monofocal, multifocal and accommodating intraocular lenses: long-term results,“ *Clinical Exp Ophthalmol*, vol. 38, no. 8, pp. 768-777, 2010.
- [176] I. K. a. I. P. Boryana Irinkova, „Analysis of contrast sensitivity in patients implanted with Acunex Vario and LuxSmart extended depth of focus (E-DOF) intraocular lenses (IOLs),“ *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, vol. 38, no. 1, 2024.
- [177] M. Hongguang Cui, M. Rongrong Hu, M. Yingying Zhang and M. Dinghua Lou, „Comparison of pseudophakic visual quality in spherical and aspherical intraocular lenses,“ *Canadian Journal of Ophthalmology*, vol. 44, no. 3, pp. 274-278, 2009.
- [178] M.-d.-A. R. F. P. Q. A. G.-M. J. Amorim-de-Sousa A, „Impact of Defocus and High-Order Aberrations on Light Disturbance Measurements,“ *Journal of Ophthalmology*, p. 2874036, 2019.
- [179] N. N. C. S. Ishrat S, „Incidence and pattern of dry eye after cataract surgery.,“ *Saudi Journal of Ophthalmology*, vol. 33, no. 1, pp. 34-40, 2019.
- [180] C. E. M. M. Zamora MG, „Short-term changes in ocular surface signs and symptoms after phacoemulsification,“ *European Journal of Ophthalmology*, vol. 30, no. 6, pp. 1301-1307, 2020.
- [181] G. A. F. W. L. D. F. H. V. M. Venincasa VD, „Long-term effects of cataract surgery on tear film parameters.,“ *The Scientific World Journal*, 20 1 2013.
- [182] D. S. Upasani D, „Phacoemulsification Techniques and Their Effects on Corneal Endothelial Cells and Visual Acuity: A Review of „Direct-Chop“ and „Stop-and-Chop“ Approaches Under Topical Anesthesia,“ *Cureus*, vol. 16, no. 8, p. e66587, 2024.
- [183] E. MA., „Slowing down: age-related neurobiological predictors of processing speed,“ *Frontiers in Neuroscience*, vol. 11, pp. 5-25, 2011 .
- [184] I. C. L. J. K. H. P. H. K. T. Choi M, „Visual Outcomes after Bilateral Implantation of an Extended Depth of Focus Intraocular Lens: A Multicenter Study,“ *Korean Journal of Ophthalmology*, vol. 34, no. 6, pp. 439-445, 2020 .
- [185] R. A. N. A. B. A. N. D. H. K. icula CA, „Long term visual outcomes in cataract surgery with bilateral implantation of the Extended Depth of Focus Intraocular Lens - Mini Well Ready type,“ *Romanian Journal of Ophthalmology*, vol. 66, no. 4, pp. 317-325, 2022.

- [186] H. H. O. S. S. K. O. T. S. T. N. T. Terauchi R, „Age-related visual outcomes in eyes with diffractive multifocal intraocular lenses,” *Eye (Lond)*, vol. 36, no. 12, pp. 2260-2264, 2022.
- [187] M. D. Patterson, “Multifocal and EDOF IOLs offer good visual acuity, reduced contrast sensitivity,” AAO, 2021.
- [188] O. J. C. H. P. F. L. M. O. Q. W. M. J. Q. M. M. Y.-E. Z. M. NuXia Tong, „Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery,” *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 34, no. 12, pp. 2085-2090, 2008.
- [189] H. Ye, K. Zhang, J. Yang and Y. Lu, „Changes of Corneal Higher-Order Aberrations after Cataract Surgery,” *Optometry and Vision Science*, vol. 91, no. 10, p. 1244–1250, 2014.
- [190] A. J. d. Águila-Carrasco, S. A. Read, R. Montés-Micó and D. R. Iskander, „The effect of aberrations on objectively assessed image quality and depth of focus,” *Journal of Vision*, vol. 17, no. 2, 2017.
- [191] M. J. H. P. M. J. H. P. M. S. Y. Y. M. J. Y. K. M. P. M. J. K. M. P. H. T. M. P. In Seok Song, „Corneal coma and trefoil changes associated with incision location in cataract surgery,” *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 41, no. 10, pp. 2145-2151, 2015.
- [192] J. X. R. X. S. J. W. S. H. R. C. Y. L. X. Jing D, „Change Patterns in Corneal Intrinsic Aberrations and Nerve Density after Cataract Surgery in Patients with Dry Eye Disease,” *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11, no. 19, p. 5697, 2022.
- [193] Y. W. L. J. X. L. Tingyi Wu, „The impact of corneal higher-order aberrations on dynamic visual acuity post cataract surgery,” *Frontiers Neuroscience*, vol. 18, 2024.
- [194] O. T., „Quantitative assessment of quality of vision,” *Nippon Ganka Gakkai Zasshi.*, vol. 108, no. 12, pp. 770-807, 2004.
- [195] A. B. P.-P. F.-B. J. P. M. M. Alio Jorge L., „Multifocal intraocular lenses: An overview,” *Survey of Ophthalmology*, vol. 62, no. 5, pp. 611-634, 2017.
- [196] J. P. J. Alió, „Multifocal Intraocular Lenses: Neuroadaptation.,” in *Multifocal Intraocular Lenses Essentials in Ophthalmology*, Springer, 2019.
- [197] K. M. K. T. D. C. J. D. Agresta B, „Distance and near visual acuity improvement after implementation of multifocal intraocular lenses in cataract patients with presbyopia: a systematic review,” *Journal of Refractive Surgery*, vol. 28, no. 6, pp. 462-435, 2012.
- [198] A. N. A. A. A. A. A. S. E. A. R. A. A. K. M. J. S. Karam M, „Extended depth of focus versus trifocal for intraocular lens implantation: an updated systematic review and meta-analysis.,” *American Journal of Ophthalmology*, vol. 251, pp. 52-70, 2023.
- [199] S. M. Sachdev GS, „Optimizing outcomes with multifocal intraocular lenses,” *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 65, no. 12, pp. 1294-1300, 2017.
- [200] H. M. M. K. E. S. R. N. A. Adel G. Zaky, „Role of phaco time and microscopic light exposure time in causing dryness after phacoemulsification,” *Menoufia Medical Journal*, vol. 32, no. 2, pp. 660-664, 2019.
- [201] A. Я. Топов, “„Съпоставяне на ултразвуковата фекоемулсификация с фемтосекундна лазер асистирана катарактна хирургия,” 2022.
- [202] M. Uday Devgan, „Angle alpha, angle kappa play role in good IOL centration,” *ocular surgery news*, 2021.
- [203] S. Bhattacharya, “Understanding Angle Alpha & Angle Kappa- the finer aspects,” quickguide, 24 02 2024. [Online]. Available: <https://www.quickguide.org/post/angle-kappa-angle-alpha>.
- [204] M. Brian Shafer, “Optical Axes and Angle Kappa,” AAO, 13 02 2024. [Online]. Available: https://eyewiki.org/Optical_Axes_and_Angle_Kappa.

- [205] C. M. J. B. R. P. M. R. P. Alice Epitropoulos, „Effect of tear osmolarity on repeatability of keratometry for cataract surgery planning,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 41, no. 8, pp. 1672-1677, 2015.
- [206] S. K. J. P. S. D. Umesh Y, „Measurement of change in angle kappa and its correlation with ocular biometric parameters pre- and post-phacoemulsification,“ *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 71, no. 2, pp. 535-540, 2023.
- [207] L. T. G. X. M. T. Wang R, „Changes in angle kappa and angle alpha before and after cataract surgery,“ *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 46, no. 3, pp. 365-371, 2020.

