

МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ПО ОФТАЛМОЛОГИЯ

Д-р Боряна Михайлова Иринкова, FEBO

ДИСЕРТАЦИЯ

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

на тема:

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

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:
Доц. Яни Здравков, ДМ

София, 2025 г.

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
BCDVA	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

Въведение / 9

1. Първа глава. Литературен обзор / 11

1.1. Катаракта - Етиология и патофизиологични механизми / 11

1.1.1. Пречупване на светлината от структурите на окото / 11

1.1.2. Слъзен филм / 11

1.1.3. Роговица / 12

1.1.3.1. Анатомия на роговицата / 12

1.1.3.1.1. Хистологична структура / 12

1.1.3.1.1.1. Епител / 12

1.1.3.1.1.2. Бауманова мембрана / 12

1.1.3.1.1.3. Строма / 13

1.1.3.1.1.4 Десцеметова мембрана / 13

1.1.3.1.1.5 Ендотел / 13

1.1.4. Вътреочна течност / 13

1.1.5. Лещата / 13

1.1.6. Стъкловидно тяло / 13

1.2. Катаракта / 13

1.2.1. Етиология / 14

1.2.1.1. Възраст / 14

1.2.1.2. Наследственост и генетична предразположеност / 14

1.2.1.3. Ултравioletово лъчение / 14

1.2.1.4. Пушене / 14

1.2.1.5. Ко-морбидност / 14

1.2.1.6. Медикаменти / 15

1.2.1.7. Травма / 15

1.2.1.8. Хранителна недостатъчност / 15

1.3. Класификация на катарактата / 15

1.3.1. Класификация / 15

1.3.1.1. Видове вродена катаракта / 15

1.3.1.1.1. Полярна – предна и задна / 15

1.3.1.1.2. Коронарна / 15

1.3.1.1.3. Ламеларна / 15

1.3.1.1.4. Пулвератна / 15

1.3.1.1.5. Сутурна / 15

1.3.1.1.6. Мембрнозна / 15

1.3.1.2. Видове придобита катаракта / 15

1.3.1.2.1. Сенилна / 15

1.3.1.2.2. Травматична / 15

1.3.1.2.3. Усложнена / 16

1.3.1.2.4. Метаболитна / 16

1.3.1.2.5. Токсична / 16

1.3.1.2.6. Физични фактори – радиация, UV-лъчи електричество / 16

1.3.2. Морфологична класификация / 16
1.3.2.1.1. Кортикална / 16
1.3.2.1.2. Нуклеарна катаракта / 16
1.3.2.1.3. Субкапсуларна катаракта / 16
1.3.3. Оценка на степента на катарактата / 16
1.4. Лечение на катаракта – оперативни техники / 17
1.4.1. Факоемулсификация / 17
1.4.1.1. Основни стъпки на оперативната техника / 17
1.4.1.2. Видове апарати за катарактална хирургия / 18
1.4.1.2.1.. Класификация според вида използван ултразвук / 18
1.4.1.2.1.1. Системи за факоемулсификация с лонгитудинална ултразвукова технология / 18
1.4.1.2.1.2. Системи за факоемулсификация с Ozil Technology / 18
1.4.1.2.1.3. Фемтосекундни лазерно-асистирани системи за факоемулсификация / 19
1.4.1.2.1.4 Нискоенергийни ултразвукови машини за факоемулсификация / 19
1.5. Катарактата като рефрактивна процедура / 19
1.5.1. Предоперативна оценка / 20
1.5.1.1. Биометрия / 20
1.5.1.1.1. Измерване на аксиална дължина(АД) / 20
1.5.1.1.2. Кератометрия / 21
1.5.1.1.3. Кератометрия и АД / 21
1.5.1.1.4. Други биометрични измервания / 22
1.5.1.1.5. Ъгъл Алфа / 22
1.5.1.1.6. Ъгъл Капа / 22
1.5.1.1.7. Избор на биометрични инструменти / 22
1.5.1.2. Аберометрия / 22
1.5.1.2.1. Аберометрията - диагностична техника / 22
1.5.1.2.2. Принципи / 23
1.5.1.2.3 Техники за измерване / 23
1.5.1.2.4. Клинични приложения / 23
1.5.1.3. Дълбочина на предна камера / 24
1.5.1.3.1. Техники за измерване / 24
1.5.1.3.2. Клинично значение на дълбочината на ПК / 24
1.5.1.4. Очаквана/Ефективна позиция на лещата (ELP) / 24
1.5.1.4.1. Клинично значение / 25
1.5.1.5. Формули за изчисление на ВОЛ / 25
1.5.1.5.1. Видове формули / 25
1.5.1.5.1.1. Формули от първо поколение / 25
1.5.1.5.1.1.1. Бинкхорст 1 / 26
1.5.1.5.1.1.2. Бинкхорст 2 / 26
1.5.1.5.1.1.3. Теоретични Формули / 26
1.5.1.5.1.1.4. Регресионни формули / 26
1.5.1.5.1.2. Формули от второ поколение / 27
1.5.1.5.1.2.1. SRK-II / 27
1.5.1.5.1.2.2. Формула на Holladay / 28

- 1.5.1.5.1.3. Формули от трето поколение / 28
 - 1.5.1.5.1.3.1. SRK/T / 28
 - 1.5.1.5.1.3.2. Hoffer Q и Holladay 1 / 29
 - 1.5.1.5.1.4. Формули от четвърто поколение / 29
 - 1.5.1.5.1.4.1. Holladay 2 / 30
 - 1.5.1.5.1.4.2. Haigis / 30
 - 1.5.1.5.1.5. Формули от пето поколение / 30
 - 1.5.1.5.1.5.1. Barrett Universal II / 31
 - 1.5.1.5.1.6. Olsen / 31
 - 1.5.1.5.1.7 Значение на параметъра дълбочина на предната камера за избор на формула за изчисление на IOL / 32
 - 1.5.1.5.1.8 Значение на параметъра ЕПЛ за избор на формула за изчисление на IOL / 32
- 1.6. Видове вътреочни лещи / 32
 - 1.6.1. Монофокални ВОЛ / 32
 - 1.6.2. Торични ВОЛ / 32
 - 1.6.3. Акомодиращи ВОЛ / 33
 - 1.6.4. ВОЛ с удължена дълбочина на фокус (EDOF) / 33
 - 1.6.4.1. Видове Е-ДОФ ВОЛ / 33
 - 1.6.4.1.1. Рефрактивни EDOF ВОЛ / 33
 - 1.6.4.1.2. EDOF ВОЛ с ефект на стенопична дупка / 33
 - 1.6.4.1.3. Дифрактивни EDOF ВОЛ / 34
 - 1.6.4.1.4. Хибридни EDOF ВОЛ / 34
 - 1.6.4.1.5. Подобрени монофокални EDOF лещи (beam-shaping (EDOF) / 34
 - 1.6.5. Мултифокални ВОЛ / 34
 - 1.6.5.1. Рефрактивните ВОЛ / 35
 - 1.6.5.2. Дифрактивни лещи / 35
 - 1.6.5.2.1. Детайли на оптиката / 35
 - 1.6.5.2.1.1. Рефрактивни лещи / 35
 - 1.6.5.2.1.2. Секторни(ротационно асиметрични)ВОЛ / 35
 - 1.6.5.2.1.3. Дифрактивни ВОЛ / 36
 - 1.6.5.2.1.4. Частично дифрактивни ВОЛ / 36
 - 1.6.5.2.1.5. Сферични/Асферични лещи / 37
 - 1.6.5.2.2. Позиция / 38
 - 1.6.5.2.3. Материал на изработване на ВОЛ / 38
 - 1.6.5.2.3.1. Полиметил Метакрилат - Polymethyl methacrylate / 38
 - 1.6.5.2.3.2. Хидрогел / 38
 - 1.6.5.2.3.3. Силикон / 39
 - 1.6.5.2.3.4. Акрилни хидрофобни ВОЛ / 39
 - 1.6.5.2.3.5. Акрилните хидрофилни ВОЛ / 39
 - 1.6.5.3. Ограничения от страна на вида леща и качеството на постоперативния образ / 40
 - 1.6.5.3.1. Монофокалните ВОЛ / 40
 - 1.6.5.3.2. E-DOF ВОЛ / 40
 - 1.6.5.3.3. Мултифокални ВОЛ / 40
 - 1.6.5.3.4. Торични ВОЛ / 40
 - 1.6.5.3.5. Акомодативни ВОЛ / 40

- 1.7. Обзор върху проблема на качеството на ретиналния образ и зрението / 41
- 1.7.1. Подобряване на зрителната острота / 41
- 1.7.2. Рефрактивни резултати / 41
- 1.7.3. Зрителна функция / 41
- 1.7.4. Дългосрочна стабилност / 41
- 1.7.5. Удовлетвореност на пациента / 41
- 1.7.6. Усложнения и странични ефекти / 41
- 1.7.7. Фактори влияещи върху образа в ретината и качеството на зрението / 42
- 1.7.7.1. Рефракционна грешка / 42
- 1.7.7.2. Избор на ВОЛ / 42
- 1.7.7.2.1. Предоперативни фактори влияещи върху избора на ВОЛ / 42
- 1.7.7.2.1.1. Слъзен филм / 42
- 1.7.7.2.1.2. Големина на зеницата / 42
- 1.7.7.2.1.3. Наличие на предшестваща рефрактивна аномалия или лазерна корекция / 42
- 1.7.7.3. Хирургична техника / 42
- 1.7.7.4. Контрастна чувствителност / 42
- 1.7.7.5. Аберации на роговицата / 43
- 1.7.7.5.1. Класификация на аберациите / 43
- 1.7.7.5.1.1. Wavefront подход към аберациите / 43
- 1.7.7.5.1.1.1. Нисък ред / 43
- 1.7.7.5.1.1.2. Висок ред / 43
- 1.7.7.5.2. Монохроматични / 44
- 1.7.7.5.3. Хроматични аберации / 44
- 1.7.7.5.4. Сферична аберация / 45
- 1.7.7.5.5. Хроматична аберация / 45
- 1.7.7.5.6. Кома / 45
- 1.7.7.5.7. Изкривяване равнината на образа / 45
- 1.7.7.5.8. Дисторсия / 46
- 1.7.7.5.9. Клинично значими аберации / 46
- 1.7.7.5.10. Компенсаторни възможности на окото / 46
- 1.7.7.5.11. Изследване на аберации / 46
- 1.7.7.5.12. Топография на роговицата / 46
- 1.7.7.5.13. Аберометрия на вълновия фронт- Wavefront / 46
- 1.7.7.5.14. Клинични приложения / 47
- 1.7.7.6. Очна патология / 47
- 1.7.7.6.1. Патология на роговицата / 47
- 1.7.7.6.1.1. Роговични дистрофии / 47
- 1.7.7.6.1.2. Кератоконус / 47
- 1.7.7.6.1.3. Цикатрикси на роговицата / 47
- 1.7.7.6.1.4. Дегенерации на роговицата / 48
- 1.7.7.6.1.5. Кератити / 48
- 1.7.7.6.1.6. Ектатични нарушения на роговицата / 48
- 1.7.7.6.1.7. Кератопластика / 48
- 1.7.7.6.1.8. Патология на ретината и в частност патология на макулата / 48
- 1.7.7.6.2. Диабетна ретинопатия / 48

- 1.7.7.6.3. Свързана с възрастта макулна дегенерация (МДСВ) / 49
- 1.7.7.6.4. Тракционна патология на макулата / 49
- 1.7.7.6.5. Заболявания на ретината / 49
- 1.7.7.6.6. Увеит / 49
- 1.7.7.7. Вторична катаракта / 50
- 1.7.8. Невроадаптация / 50
- 1.8. Заключение от литературния обзор / 51
- 2. Втора глава. Цел и задачи / 52
- 3. Трета глава. Материал и методика / 53
 - 3.1. Методика / 53
 - 3.1.1. Инструментариум / 53
 - 3.1.1.1. Методи и апаратура за изследване на роговични аберации / 53
 - 3.1.1.1.1. Snellen Letter графика / 54
 - 3.1.1.1.2. Топография на роговицата / 54
 - 3.1.1.1.3. Анализ на зрителната функция / 54
 - 3.1.1.1.4. Симулирана зрителна острота / 54
 - 3.1.1.1.5. Анализ на Zernike / 54
 - 3.1.1.1.6. Клинични приложения / 55
 - 3.1.1.2. Методи и апаратура за изследване ЗО, извършване на офталмоскопия и тонометрия / 55
 - 3.1.1.2.1. Зрителната острота / 55
 - 3.1.1.2.2. Биомикроскопия, офталмоскопия, тонометрия / 56
 - 3.1.1.3. Изследване на контрастна чувствителност / 56
 - 3.1.1.4. Изследване на тъгъл Алфа и Капа / 56
 - 3.1.1.5. Изчисляване на ВОЛ / 57
 - 3.1.1.6. Изследване на време на разкъсване на слъзен филм / 58
 - 3.2. Хирургична апаратура / 58
 - 3.2.1. Хирургична апаратура за извършване на факоемулсификация / 58
 - 3.2.2. Хирургична техника / 59
 - 3.2.2.1. Техника на извършване на факоемулсификацията / 59
 - 3.3. Материал / 60
 - 3.3.1. Обща характеристика на контингента / 60
 - 3.3.2. Коморбидитет / 62
 - 3.3.3. Критерии за изключване / 63
 - 3.3.4. Постоперативно проследяване на пациентите / 63
 - 3.3.5. Настъпили постоперативни усложнения / 64
 - 3.3.6. Наличие на дисфотопсии постоперативно в популацията / 64
 - 3.4. Използвани статистически методи / 65
 - 3.4.1. Статистически анализ на данни с SPSS 19.0 / 65
 - 3.4.1.1. Подготовка и почистване на данни / 65
 - 3.4.1.2. Описателни статистики / 65
 - 3.4.1.3. Точен тест на Фишър / 65
 - 3.4.1.4. T-test и Mann-Whitney test / 66
 - 3.4.1.5. Корелационен коефициент на Спирман / 67

- 3.4.2. Оценка / 67
- 3.4.3. Тълкуване на резултатите / 67
- 4. Четвърта глава. Резултати и обсъждане / 68
 - 4.1. Резултати от операцията. Обща характеристика / 68
 - 4.2. Проследяване на пациентите / 68
 - 4.3. Постоперативни резултати / 69
 - 4.3.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) / 69
 - 4.3.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA) в популацията / 70
 - 4.3.3. Анализ на контрастна чувствителност / 71
 - 4.3.4. Анализ на роговични аберации / 72
 - 4.3.5. Анализ на ъгъл Алфа и ъгъл Капа / 74
 - 4.3.6. Анализ на времето за разкъсване на слъзен филм / 77
 - 4.3.7. Интервю за удовлетвореността на пациентите / 79
 - 4.3.8 Обсъждане / 80
 - 4.4 Резултати за Група 1 / 83
 - 4.4.1 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) / 83
 - 4.4.2 Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние (BCNVA) / 84
 - 4.4.3 Анализ на контрастна чувствителност / 85
 - 4.4.4. Анализ на роговични аберации / 87
 - 4.4.5. Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 88
 - 4.4.6. Обсъждане / 89
 - 4.5. Резултати Група 2 / 90
 - 4.5.1. Сравнение на група 2 с група 1 / 90
 - 4.5.2. Група 2 А / 94
 - 4.5.2.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 94
 - 4.5.2.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 95
 - 4.5.2.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние / 96
 - 4.5.2.4. Анализ на контрастна чувствителност / 97
 - 4.5.2.5. Анализ на роговични аберации / 99
 - 4.5.2.6. Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 100
 - 4.5.3. Резултати за Група 2В / 100
 - 4.5.3.1. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 101
 - 4.5.3.2. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 102
 - 4.5.3.3. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см.) разстояние / 103
 - 4.5.3.4. Резултати в подгрупа 2В от анализ на контрастна чувствителност / 104
 - 4.5.3.5. Резултати в подгрупа 2В от анализ на роговични аберации / 105
 - 4.5.3.6. Резултати в подгрупа 2В от анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 107

- 4.5.4. Обсъждане на резултатите от група / 107
- 4.6. Резултати Група 3 / 109
 - 4.6.1. Сравнение на група 3 с група / 109
 - 4.6.2. Резултати в подгрупа 3А / 111
 - 4.6.2.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 111
 - 4.6.2.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 113
 - 4.6.2.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см) разстояние / 114
 - 4.6.2.4. Анализ на контрастна чувствителност / 115
 - 4.6.2.5. Анализ на роговични аберации / 116
 - 4.6.2.6. Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 118
 - 4.6.3. Резултати в подгрупа 3В / 119
 - 4.6.3.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние / 119
 - 4.6.3.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние / 120
 - 4.6.3.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см) разстояние / 121
 - 4.6.3.4. Анализ на контрастна чувствителност / 122
 - 4.6.3.5. Анализ на роговични аберации / 123
 - 4.6.3.6. Анализ на време на разкъсване на слъзен филм / 125
 - 4.6.4. Обсъждане / 125
- 5. Пета глава. Изводи / 128
- 6. Шеста глава. Приноси / 130
- 7. Приложение / 131
- 8. Библиография / 137

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 катарактата от човешко око датират от пети век преди Христа и представлява процедура чрез която матуриралата леща се луксира 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 катарактална екстракция (ICSE), за първи път описана и извършена от Самюел Шарп през 1753 година. При ICSE 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 помалки 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. Хирургите 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.

1. ПЪРВА ГЛАВА. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

1.1. Катаракта - Етиология и патофизиологични механизми на възникване

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 [7].

Оптичният апарат на окото е съставен от слъзния филм, роговицата, преднокамерната течност, лещата и стъкловидното тяло, които изграждат сложна оптична система.

1.1.1. Пречупване на светлината от структурите на окото

За получаването на ясен образ в макулата основно значение има прозрачността на всички структури участващи в пречупването и провеждането на светлинните лъчи.

1.1.2. Слъзен филм – Слъзният филм се състои от три слоя – муцинозен, воден и липиден. Основната му роля е да осигурява атмосферен кислород на роговицата, да отстранява попаднали от външната среда частици, осигуряването на гладка рефлексивна повърхност за пречупване и преминаване на светлината. Той има антибактериални съставки, участва в имунната защита на организма, съдържа различни растежни фактори и пептиди, които могат да регулират процеса на зарастване на рани. [8]

Най-външният липиден слой съдържа восъчни естери, свободни мастни киселини и холестерол, продуцирани основно от мейбомиевите жлази. Този слой забавя изпаряването на подлежащите такива и осигурява гладка повърхност за мигателните движения.

Вторият слой е водния. Според последни проучвания той е с най-голяма дебелина и съдържа неорганични соли, глюкоза, урея, ензими, протеини и гликопротеини. В този слой се съдържат и антибактериални вещества. Секретцията му се извършва от основната и допълнителните слъзни жлези.

Третият слой на съзлата е муцинозния. Той се разполага най-близо до повърхността на роговицата и има ролята на интерфейс, осигуряващ адхезията на другите два слоя към очната повърхност. В съставът му влизат гликокаликс секретирани от епителните клетки и муцин, продуциран и секретирани от гоблетовите клетки в конюнктивата. Друга важна функция на муцина е свързването на бактерии и вируси, блокирането на свързващите им участъци и по този механизъм предпазване от навлизане на микроорганизми в тялото [8].

Нестабилност на слъзния филм или по-бързото му разкъсване е докладван като една от

причините за постоперативна рефрактивна грешка при изчисляването на вътреочен имплант [9].

1.1.3. Роговицата представлява част от най - външната обвивка на окото, чиято основна функция е да пречупва и пропуска светлината попадаща в окото. Тя е основна част от диоптричния апарат на окото и участва в него с радиус на кривината на предната и задната си повърхности. Поради обстоятелството че показателите на пречупване на тъканите на роговицата и преднокамерната течност са много близки (роговица- n 1,38, слъзен филм - n 1,33), в миналото е било прието, че задната ѝ повърхност не е нужно да се взема под внимание [10].

1.1.3.1. Анатомия на роговицата – тя представлява предната 1/5 от външната обвивка на очната ябълка. Гладка, лъскава, прозрачна, роговицата има пречупвателна сила между 43-48 Д. Тя пропуска, пречупва и отразява светлината. Нейният хоризонтален доаметър е около 12мм, вертикалният – около 11мм. Радиусът на кривината в централната част на предната повърхност е около 7.8мм, на задната около 6.5мм. Централната роговина дебелина е около 0,53мм, а в периферията около 0,71мм [11].

1.1.3.1.1. Хистологична структура – Хистологичното устройство на роговицата е изградено от 5 основни слоя – 1) Епител, 2) Бауманова мембрана, 3) Строма, 4) Десцеметова мембрана, 5) Ендотел. През 2013 год. бяха публикувани резултати от изследвания установяващи нов шести слой на роговицата – слой на Дюа намиращ се пред Десцеметовата мембрана. Съществуването му към настоящия момент все още не е признато в офталмологичната общност като факт, поради което той няма да се разглежда тук [11].

1.1.3.1.1.1. Епител – Най – външният слой на роговицата е изграден от 5 до 7 реда клетки некератинизиращ епител с дебелина около 50 микрона и се състои от три вида клетки. Най- повърхностният слой е съставен от 2 реда клетки, съдържащи плосък нуклеус и малко органели. По предната си повърхност имат множество микровили, пространствата между тях са изпълнени с гликокаликс, който се свързва с муцинозния слой на слъзния филм и осигурява адхеренцията му. Клетките са свързани по латералните си стени, близо до апикалната си част чрез зонула оклуденс. С времето тези клетки дегенерират и постепенно се отстраняват. Заместването им с нови клетки се осъществява постоянно от средния слой на епитела – криловидните клетки [11].

1.1.3.1.1.2. Бауманова мембрана - тънък, безклетъчен, колагенов слой на роговицата, разположен между епитела и стромата. Състои се основно от колагенови фибри тип I и III, като осигурява структурна цялост, допринася за прозрачността на роговицата и действа като бариера срещу външни наранявания и микробни инвазии [12]. Баумановата мембрана не регенерира, а увреждането ѝ може да доведе до образуване на цикатрикси. Тя играе ключова роля при заболявания на роговицата като кератоконус [13], при който изтъняването и деградацията са ранни признаци, както и при дистрофии като тази на Райс-Бъклер, които водят до фиброза.

- 1.1.3.1.1.3. Строма** - Стромата съставлява приблизително 90% от общата дебелина на роговицата. Състои се от колагенови влакна, подредени в ламели и кератоцити (фибробластоподобни клетки) които се откриват разпръснати между тях, протеогликани и извънклетъчен матрикс. Специфичното подреждане на колагеновите влакна допринася за прозрачността на роговицата и нейната механична здравина.
- 1.1.3.1.1.4. Десцеметова мембрана** - представлява безклетъчен слой, разположен между стромата и ендотела. Състои се от колагенови влакна и гликопротеини, служи като скеле за ендотела на роговицата. Десцеметовата мембрана помага за поддържане на формата и целостта на роговицата и има важна роля за заздравяването на рани на роговицата.
- 1.1.3.1.1.5. Ендотел:** Най-вътрешният слой на роговицата е ендотелът. Той представлява един слой от хексагонални, специализирани клетки, неговата основна функция е регулирането на хидратацията на роговицата и поддържането на нейната прозрачност. За разлика от другите слоеве на роговицата, ендотелът има ограничен регенеративен капацитет.

1.1.4. Вътреочна течност - вътреочната течност се продуцира и секретира от парс пликата на цилиарното тяло. Тя е по-тъсна, разположена пред плоската част, с ширина около 2 мм. Тази част е съставена от цилиарните израстъци, големи и малки, достигащи до 70-80 на брой, с височина около 1 мм и ширина около 0,1 мм. Най-високи са около екватора на лещата, където за тях се захващат Циновите връзки [10].

1.1.5. Лещата представлява биконвексна, прозрачна, безцветна и аваскуларна структура, разположена в задна камера между ириса и стъкловидното тяло. Основната функция на кристалиновата леща е пропускане и пречупване на светлината, има основна роля в процеса на акомодация. Характерно за нея е че предната повърхност е по-слабо изпъкнала от задната. Радиусът на кривината на предната и задната повърхност на лещата, индексът на пречупване, разстоянието между предната повърхност на роговицата и на лещата, както и между предната и задната ѝ повърхност са основна част от оптичните константи на диоптричния апарат на окото [14]

1.1.6. Стъкловидно тяло е прозрачна, аморфна, аваскуларна структура, с физичните свойства на хидрофилен гел, която анатомично заема витреалната кухина и граничи с ретината, кристалиновата леща, парс плана на цилиарното тяло. Функциите на стъкловидното тяло са провеждане и пречупване на светлината, осигуряване на депо за метаболитни продукти за ретината и лещата, поддържане на ретината на място, протекция на ретината чрез абсорция на шокови вълни от бързите движения на очите. Хистологичната му структура позволява минимално разсейване на светлината при преминаването ѝ през него. Участва в диоптричния апарат на окото с индекса си на пречупване [15].

1.2. Катарактата представлява намаление на прозрачността на човешката кристалинова леща, което причинява промяна на рефрактивните свойства и повишено разсейване на светлината. В следствие на това клинично се наблюдава замъглено и силно намалено зрение [16]. Тя е социално значимо заболяване, което според световната здравна организация представлява втората по честота причина за намаление на зрението и в световен мащаб към

2023 година засяга над 94 милиона души [17]. Разпространението на катаракта се увеличава с възрастта, като варира от 3,9% сред 55–64 години до 92,6% сред тези на 80 години и повече [4]. През 2010 г. е имало 10,8 милиона души слепи от катаракта [18]. Въздействието на катаракта и намалението на зрителната острота при населението, изостря риска от деменция [19], увеличава вероятността от падания и пътнотранспортни произшествия, може значително да повлияе на качеството на живот на индивида и в крайна сметка води до по-висока смъртност [16].

1.2.1. Етиология – Етиологията на катарактата може да бъде многофакторна, включваща различни генетични фактори, фактори на околната среда и начина на живот. Основни ключови фактори в етиологията на катарактата:

1.2.1.1. Възраст е основен рисков фактор за развитие на катаракта. Според различни проучвания с напредването на възрастта протеините в човешката леща претърпяват структурни промени и процес на разграждане, което води до намаление в прозрачността на лещата и замъгляване [20].

1.2.1.2. Наследственост и генетична предразположеност: Генетичната предразположеност може да играе роля в развитието на катаракта. Някои генетични мутации или вариации могат да увеличат вероятността от ранно появяване на катаракти или по-сериозно развитие.

В Framingham Eye Study са установени ясни асоциации между братя и сестри за развитие на нуклеарна и задна субкапсуларна катаракта. Сегрегационните анализи на кохортата от Beaver Dam Eye Study предполагат, че един основен ген може да представлява 58% от променливия риск от развитие на кортикална катаракта, а основен ген може да представлява 35% от риска за нуклеарна катаракта. Нито едно от тези проучвания не измерва относителния принос на генетиката спрямо ефектите на околната среда върху развитието на свързана с възрастта катаракта [21] [22]

1.2.1.3. Ултравиолетово лъчение: Излагането на ултравиолетови (УВ) лъчи, особено УВ-В лъчи от слънцето, е съществен външен рисков фактор за развитие на катаракта. Опити с животни са доказали че продължителното излагане на УВ лъчи може да доведе до промяна в структурата на лещените протеини и да спомогне за формирането на катаракта [23].

1.2.1.4. Пушене - Консумацията на цигари е доказано свързана с увеличен риск от катаракта. Вредните вещества в тютюнопушенето могат да ускорят оксидативната травма на протеините в човешката леща, което допринася за формирането на катаракта [24].

1.2.1.5. Ко-морбидност – Захарен Диабет(ЗД): Хората с диабет имат по-висок риск от развитие на катаракта, особено на по-млада възраст, поради метаболните промени, свързани с диабета, които могат да засегнат лещата. Проучването на Beaver Dam Eye Study съобщава за връзка между ЗД и образуването на катаракта. Проучването е проведено в продължение на пет години и с 3684 участници на възраст 43 и повече години. То показва повишена честота и прогресия на кортикална и задна субкапсуларна катаракта при пациенти със ЗД. Също така се установява повишен риск от нуклеарна и кортикална катаракта при пациенти с повишени нива на гликиран хемоглобин. По-голямата давност на диабета също се свързва с повишена честота на развитие на кортикална катаракта и на необходимост от оперативно лечение [25].

1.2.1.6. Медикаменти - Над 70 лекарства са свързани с известен или предполагаем повишен риск от образуване на катаракта. Тези лекарства могат да бъдат групирани в четири отделни категории въз основа на доказателствата, подкрепящи връзката им с образуването на катаракта: 1) категория потвърдени, за които е доказано, че повишават риска от катаракта при пациенти; 2) категория вероятни, 3) категория възможни и 4) категория несигурни - те могат да увеличат риска от катаракта, но данните са неубедителни. Предстои да бъде извършен общ анализ на честотата на предписване на тези лекарства и появата на катарактата [26]. На първо място като рисков фактор е дългосрочната употреба на кортикостероиди. Кортикостероидите могат да променят метаболизма на протеините в кристалиновата леща, водейки до формиране на катаракта [26].

1.2.1.7. Травма – Травматични увреждания на окото може да бъдат причина за катаракта, незабавно след нараняването или на по-късен етап, в резултат на продължителна възпалителна реакция и увреда на леща [10].

1.2.1.8. Хранителна недостатъчност - Недостатъчният прием на определени хранителни вещества, като антиоксиданти - витамини С и Е, както и лутеин и зеаксантин, може да допринесе за развитието на катаракта. Тези хранителни вещества помагат за защитата срещу оксидативната травма на видната леща.

Епидемиологичната литература предполага, че рискът от катаракта може да бъде намален чрез диети, които са оптимизирани за витамин С, лутеин/зеаксантин, витамини от група В, омега-3 мастни киселини, мултивитаминови и въглехидрати: препоръчителните нива на микроелементи оказват благоприятно влияние върху човешката леща. Ограничените данни от интервенционни проучвания предоставят известна подкрепа към данните от наблюдателни проучвания по отношение на заривитие на нуклеарни, но не и други видове – катаракта [27].

1.3. Класификация на катарактата

1.3.1. Катарактата може да се класифицира въз основа на различни фактори като причината или етапа на развитие. Най-често използваният тип класификация разделя катарактите на вродени и придобити [14].

1.3.1.1. Видове вродена катаракта

1.3.1.1.1. Поларна – предна и задна

1.3.1.1.2. Коронарна

1.3.1.1.3. Ламеларна

1.3.1.1.4. Пулвератна

1.3.1.1.5. Сутурна

1.3.1.1.6. Мембранозна

1.3.1.2. Видове придобита катаракта

1.3.1.2.1. Сенилна – развива се с напредване на възрастта на пациентите, този тип е най-често срещаната сред населението [28]

1.3.1.2.2. Травматична – в следствие на травматично увреждане на лещата [29]

- 1.3.1.2.3. Усложнена – установява се в следствие на други очни заболявания [29]
- 1.3.1.2.4. Метаболитна – при пациенти общи заболявания за които е известно че причиняват катаракта - диабет, атопичен дерматит, миотонична дистрофия
- 1.3.1.2.5. Токсична – причинена от различни медикаменти
- 1.3.1.2.6. В следствие на въздействащи физични фактори – радиация, UV-лъчи електричество [29]

1.3.2. Морфологична класификация

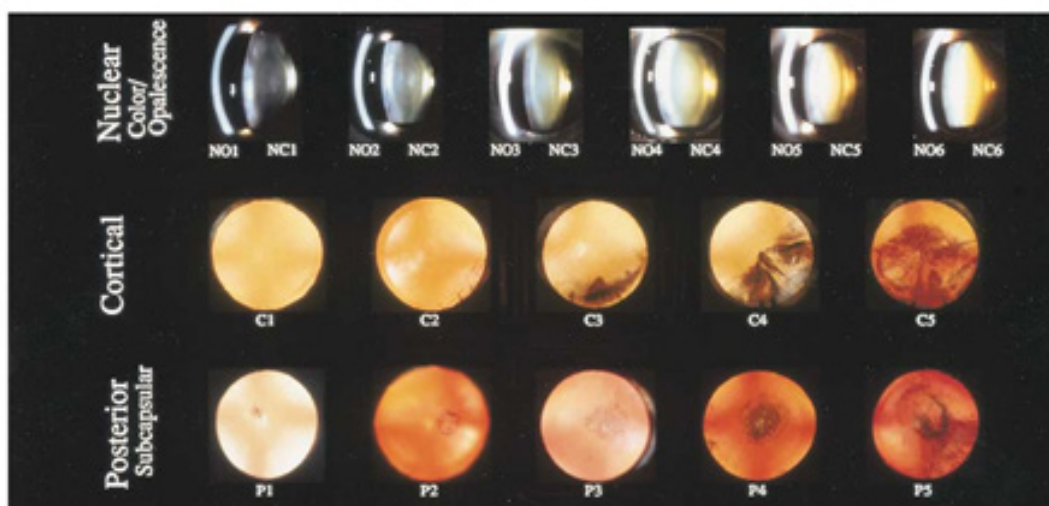
1.3.2.1.1.Кортикална: представлява локално разрушаване на структурата на влакната на лещата. С нарушението на целостта на мембраната се установява загуба на основни метаболити от засегнатите клетки. Кортикалните катаракти обикновено са двустранни и често са асиметрични. Техният ефект върху зрителната функция варира значително в зависимост от местоположението на мътнините спрямо зрителната ос. Кортикалните катаракти варират значително в скоростта на прогресиране; някои остават непроменени за продължителни периоди, докато други прогресират бързо [14].

1.3.2.1.2.Нуклеарна катаракта: води до склероза на лещеното ядро. Нуклеарните катаракти прогресират бавно, обикновено са двустранни, по-често асиметрични. В ранните етапи на развитие на катаракта се наблюдава прогресивно втвърдяване на ядрото на лещата, което придобива жълтеникав цвят, често причинява повишаване на индекса на пречупване на лещата и миопично изместване на рефракцията [14].

1.3.2.1.3.Субкапсуларна катаракта: засяга задния кортикален слой, дължи се на миграция на лещен епител от екватора по вътрешната повърхност на задната капсула. Наблюдава се при по-млади пациенти в сравнение с нуклеарната и кортикална катаракта. Водят до намаление на зрителната острота когато достигнат до зрителната ос [14].

1.3.3. Оценка на степента на катарактата

В практиката се използва системата за оценяване Lens Opacities Classification System III (LOCS III). Тя се състои от диаграма с 6 фото-графики от биомикроскоп, използвани за оценка на опалесценцията и помътняването на човешката леща, 5 ретроилюминационни изображения, използвани за класифициране на кортикална катаракта, и 5 ретроилюминационни изображения използвани за оценка на задносубкапсуларна катаракта. В последните години с навлизането на изкуствения интелект се използват нови системи, за измерване на плътността на лещите включващи оптична кохерентна томография (ОСТ), ОСТ на предния сегмент и фотография на фундуса за оценка на напредването на катарактата по стандартизиран и обективен начин [14].



1.4. Лечение на катаракта – оперативни техники

През 17 век френският лекар Жак Давиел въвежда за първи път метода на екстракапсуларна екстракция на катаракта (ЕССЕ), която отстранява помътнената лещата през голям разрез на роговицата. Това нововъведение бележи значителен напредък в техниките за операция на катаракта. Въпреки това, ЕССЕ се свързва с висок процент на усложнения и постоперативните резултати често са лоши [30].

Началото на модерната ера на катаракталната хирургия е поставено през 1967 г., когато Чарлз Келман въвежда първия апарат за факоемулсификация. Това нововъведение в операцията на катаракта позволява тя да се извърши през по-малки разрези на роговицата, което води до по-ниска честота на усложнения и по-бърза рехабилитация на зрението. [14] Тази техника придобива популярност през 90-те години на миналия век, съвпадайки с изобретяването на офталмологични вискохирургични устройства (OVD), еволюцията на дизайна и материалите на вътреочните лещи и преминаването на операцията в амбулаторна процедура. Днес факоемулсификацията е най-често прилаганият метод за екстракция на катаракта в развитите райони [1]. В развиващите се райони екстракапсуларната екстракция на катаракта (ЕССЕ) и хирургия на катаракта с малък разрез (MSICS) остават най-честите процедури. Използването на исторически техники като интракапсуларна екстракция на катаракта (ICSE) и коучинг е рядкост [14].

1.4.1. Факоемулсификация - Факоемулсификацията е модерна техника за оперативнолечение на катаракта, която използва ултразвукова енергия за емулгиране и отстраняване на човешката леща. Това е най-често прилаганият метод за екстракция на катаракта през 21-ви век, поради своята ефективност, безопасност и бързо следоперативно възстановяване. Бързото развитие на апаратите за катарактална екстракция позволи през последните 20 години тази операция да се извършва през микроинцизии широки до 3мм, да бъде безшевна и безкръвна процедура

1.4.1.1. Основни стъпки на оперативната техника:

Разрез: Факоемулсификацията започва със създаването на минимум 2 малъки разреза в роговицата, на лимба или през склерата обикновено с размер около 2-3 милиметра. Предната камера може да се изпълни с вискозостанция [31] [14]. Капсулорексис: прави се кръгъл отвор в капсулата на лещата, криволинеарен, непрекъснат с размер между 4,5 до около 6мм [31]. Хидродисекция [32].

Факоемулсификация: Специален накрайник, наречен сонда за факоемулсифи-

кация, който излъчва ултразвукови вибрации, се използва за фрагментиране на лещеното ядро. Той съдържа малък метален тип или наподобяваща игла сонда, която вибрира с ултразвукова честота от 25 000 до 40 000 херца (Hz). Тази ултразвукова вибрация кара върха да трепти бързо. Когато вибриращият тип е в контакт с катаракталната леща, ултразвуковата енергия разрушава молекулярните връзки между влакната на лещата. Този процес е наречен емулсификация. Чрез аспирация те се отстраняват. По време на факоемулсификацията се използва иригационна система с балансиран солеви разтвор за поддържане на стабилност на предната камера и тенсията на окото, докато аспирацията отстранява емулгираните фрагменти от леща [14].

Иригация и аспирация: след отстраняване на ядрените фрагменти се извършва аспирация на епинуклеус и кортекс от лещената капсула чрез система за иригация и аспирация.

Имплантиране на леща: след като човешката леща е напълно отстранена в капсулния сак се поставя имплант изкуствена вътреочна леща (IOL) за да замени естествената леща.

Хидратиране на разрезите е последната стъпка от оперативната техника като по този начин се възстановява целостта на очната ябълка и се херметизират разрезите [31].

1.4.1.2. Видове апарати за катарактална хирургия

1.4.1.2.1. Класификация според вида използван ултразвук

1.4.1.2.1.1. Системи за факоемулсификация с лонгитудинална ултразвукова технология:

В традиционните ултразвукови апарати за факоемулсификация, надлъжните ултразвукови вибрации се генерират от пиезоелектрични кристали в края на краищата. Когато към тези кристали се приложи електрически ток, те произвеждат бързи трептения и надлъжни вибрации по дължината на факоиглата. Стандартните ултразвукови фако-машини имат възможност за промени в настройките на мощността и аспирацията по време на операция.

1.4.1.2.1.2. Системи за факоемулсификация с Ozil Technology:

Технологията Ozil е усъвършенствана форма на ултразвукова факоемулсификация, която включва надлъжни и торсионни ултразвукови вибрации за фрагментиране на лещата. За разлика от традиционните ултразвукови фако-машини, които разчитат единствено на надлъжни вибрации, технологията Ozil произвежда допълнителни въртеливи движение на типа на сондата за факоемулсификация в допълнение към надлъжните, което намалява силите на триене, генериране на топлина и турбуленция в окото. Това води до по-ефективно фрагментиране на лещата, подобрена възможност за проследяване и намалена консумация на енергия по време на операция [33]. Торсионната ултразвукова

факоемулсификация има значителни предимства пред традиционните само лонгинтудинабни ултразвукови апарати.

Намалената консумация на енергия [34], се дължи на торсионните вибрации изискват по-малко енергия за постигане на същото ниво на фрагментация на лещата, намалявайки риска от термично увреждане на очните тъкани. Ротационното движение на върха на типа подобрява способността му да захване лещата. Този тип вибрации предизвикват по-малко трептене и турбуленция в предната камера [34], което води до подобрена визуализация по време на процедурата.

В 10 годишното проследяване на Чой и съавтори е изследвана загубата на ендотелни клетки в 81 очи и е установена връзка между твърдостта на ядрото, използваният ултразвук като рискови фактори и степента на загуба в популацията [35].

1.4.1.2.1.3. Фемтосекундни лазерно-асистирани системи за факоемулсификация:

Въпреки че не са изцяло базирани на ултразвук, те интегрират фемтосекундна лазерна технология с факоемулсификация и автоматизират определени стъпки от операцията [36]. Тези системи използват фемтосекундни лазерни импулси за създаване на прецизни разрези на роговицата, капсулорексиса и фрагментиране на ядрото, намалявайки експозицията на ултразвукова енергия на тъканите на окоето. Фемтосекундните лазерно-асистирани фако системи предлагат повишена прецизност и възможност за персонализиране на хирургичната процедура и изпълнение [37].

1.4.1.2.1.4. Нискоенергийни ултразвукови машини за факоемулсификация:

Някои фако машини са проектирани да работят при по-ниски нива на ултразвукова енергия, с цел намаляване на риска от термично увреждане на очните тъкани и подобряване на следоперативните резултати. Тези машини използват усъвършенствани алгоритми за енергийна модулация, дизайн на типа и системи за контрол на флуидите, за постигане на ефективно фрагментиране на ядрото с минимална експозиция на ултразвукова енергия [33].

1.5. Катарактата като рефрактивна процедура

Операцията на катаракта освен като лечение на катаракта може да служи и като рефрактивна процедура за коригиране на различни видове рефракционни аномалии, като миопия, хиперметропия и астигматизъм. Това се постига чрез имплантация на изкуствена

вътреочна леща (ВОЛ), изчислена за корекция на рефракционната аномалия. Хирургията на катаракта като рефрактивна процедура предлага на пациентите възможността едновременно да бъде отстранена катарактата и да бъде коригирана налична рефракционна аномалия, като по този начин се намали зависимостта от очила или контактни лещи. С напредъка в технологията на ВОЛ и хирургичните техники, операцията на катаракта се превърна в популярна опция за лечение както на зрителни увреждания дължащи се на катаракта, така и на рефракционни аномалии [38], като вече тя може да се конкурира с рефрактивната хирургия на роговицата.

През последното десетилетие напредъкът в технологиите позволи висока прецизност в оценката и определянето на най-подходящата вътреочна леща (ВОЛ) за всеки отделен пациент и индивидуализиране на подхода и избора на ВОЛ [39]. В процеса на развитие на катаракталната хирургия при изчисление на ВОЛ се е взимала под внимание само предната повърхност на роговицата. С откриване на въздействието на задния астигматизъм на роговицата, сега могат да се постигнат по-точни постоперативни резултати. Нови технологии също осигуряват оценка на съществуващи aberации на роговицата. Подробните анализи на модела на aberациите на роговицата преди операция на катаракта могат да помогнат на хирурга да вземе решения относно вида и дизайна на ВОЛ [38].

1.5.1. Предоперативна оценка

Оптимални рефрактивни резултати могат да бъдат постигнати при факоемулсификация, когато са изпълнени следните условия: възпроизводимо измерване на аксиална дължина и кератометрия (стандартно се използва оптична биометрия), добра хирургична техника с нисък процент на усложнения, поставяне на ВОЛ в капсулата и размер на капсулорексиса с 0,5мм по-малък от оптиката на ВОЛ, подходящ избор на формула за изчисление на ВОЛ и коригиране на А-константата на ВОЛ (оптимизиране) за съответния модел на ВОЛ [40].

1.5.1.1. Биометрия Оценката на физическите размери на окото е от съществено значение за определяне на подходящата мощност на вътреочната леща (ВОЛ) при операция на катаракта. Необходимите първични измервания включват най-малко изследване на аксиална дължина и кератометрии на роговицата. Налични са различни устройства за извършване на тези измервания, но всички те имат един основен недостатък – могат да дадат системни разлики в направените измервания. Поради това е изключително важно да се използват нова генерация формули за изчисление на ВОЛ от трето и четвърто поколение, които отчитат тези разлики, включват допълнителни данни от физичните размери на окото и по този начин се постигат по-точни изчисления за оптимални рефракционни постоперативни резултати [39].

1.5.1.1.1. Измерване на аксиална дължина(АД) - Измерването на аксиалната дължина се осъществява чрез ултразвукови или оптични методи. Оптичните подходи, като интерферометрия с частична кохерентност или рефлектметрия с ниска кохерентност, имат значителни предимства като неинвазивност, точност и повторяемост на резултатите и слабо зависят от уменията на оператора [41]. Оптичните методи за измерване на АД са възприети пред последните 15 години в офталмологията за стандарт в развитите страни. Основен недостатък е високата цена на апаратите и невъзможност за извършване на измервания при напреднали катаракти. Контактните ултразвукови методи зависят в голяма степен от опита за оператора поради възможността за компресия на роговицата при измерване и отчитане

на грешни данни [42]. Имерсионните ултразвукови техники избягват този недостатък и могат да дадат резултати съпоставими с тези от оптичните методи [43].

1.5.1.1.2. Кератометрия – Пречупвателната сила на роговицата може да се определи по два основни начина 1-директно, чрез отразена светлина или 2-индиректно чрез анализиране на повърхността на роговицата. Директни измервания могат да бъдат направени с кератометър, базиран на диска на Placido, или устройства, базирани на излъчващи светлина светодиоди (LED) [38]. Индиректните измервания могат да се извършват с устройства чрез високочестотен ултразвук, ОСТ или Scheimpflug камери [44]. Повечето апарати налични в практиката, като кератометри и базирани на Placido диск устройства дават двуизмерен образ 2D, други уреди тип 3D томографски устройства, измерват не само предната, но и задната повърхност на роговицата. Двуизмерните устройства се използват основно за откриване на аномалии на повърхността на роговицата, в сравнение с 3D устройствата, които дават по-добра представа за общата мощност и оста на астигматизма на роговицата [38].

1.5.1.1.3. Кератометрията, заедно с аксиалната дължина е един от най-важните аспекти от предоперативната оценка при операция на катаракта и всички други рефрактивни процедури [45]. Изследването представлява измерване на кривината на роговицата, което е от съществено значение за определяне на силата и вида на вътреочната леща (ВОЛ), необходима за постигане на желания рефрактивен резултат и оптимално качество на ретиналния образ [40]. Кератометрията предоставя информация за формата и кривината на роговицата, по-специално се измерват стръмност или плоскост в различните меридиани. По този начин се установява наличие на астигматизъм и хирургът може да избере най-подходящият вид ВОЛ за постигане на оптимално зрение след операцията [45].

Техники: Традиционната кератометрия включва използването на кератометър. Съвременните кератометри често се интегрират в устройства за оптична биометрия и дават информация за кератометриите на изследваното око, което позволяват много добри рефракционни резултати по отношение на ретиналния образ и свеждането до минимум на сферичната грешка [40]. Тези инструменти измерват кривината на роговицата чрез анализиране на отраженията на пръстени върху повърхността [38], и се използват за изчисляване на ВОЛ при операция на катаракта.

Резултатите от измерванията обикновено се изразяват в диоптри (D) или милиметри и са представени от два основни меридиана: най-стръмният (K1) и най-плоският (K2). Разликата между тези две стойности показва степента и оста на астигматизма.

Средната кератометрична стойност (Km) се изчислява като средната стойност на най-стръмните и най-плоските кератометрични измервания и се използва при изчисляване на мощността на ВОЛ.

Корнеален астигматизъм: Кератометрията е от съществено значение за

диагностицирането на наличие и степен на роговичния астигматизъм. Това е състояние, при което роговицата има различна кривина в различните меридиани, което води до влошаване на постоперативното качество на зрението. За коригиране на роговичен астигматизъм по време на операция на катаракта се използват торични ВОЛ [45] [40].

1.5.1.1.4. Други биометрични измервания – Формулите от трета и четвърта генерация за изчисление на ВОЛ използват едно или повече от следните биометрични измервания: дълбочина на предната камера, дебелина на лещата, диаметър WTW и предоперативна рефракция [46, 47]. В литературата се докладвани отлични резултати с помощта на комбинация от формули за ВОЛ от 3-то поколение с оптимизирани константи на ВОЛ [48] [40].

1.5.1.1.5. Тъгъл Алфа се намира между зрителната ос (линията, минаваща през центъра на зеницата и фокусирана върху наблюдавания обект) и оптичната ос (теоретичната линия, която минава през центъра на роговицата и лещата). Този тъгъл е от водещо значение за разбирането как светлината навлиза в окото и се фокусира върху ретината. Голям тъгъл алфа показва, че зрителната ос не е добре подравнена с оптичната ос. Това може да доведе до усложнения като зрителни изкривявания, отблясъци или ореоли след оперативна интервенция [49].

1.5.1.1.6. Тъгъл Капа е тъгълът между зеничната ос (линията, перпендикулярна на роговицата, минаваща през центъра на зеницата) и зрителната ос. Той може да бъде положителен (ако зрителната ос е назално спрямо зеничната ос) или отрицателен (ако е темпорално разположена). Голям тъгъл Капа може да причини проблеми с центрирането при имплантиране мултифокални ВОЛ, което води до влошаване на качеството на образа и зрителите резултати [50].

1.5.1.1.7. Избор на биометрични инструменти - С времето оптичната биометрия е доказала своите ясни предимства пред ултразвуковата биометрия. Тя осигурява много прецизни измервания, които се получават бързо и безконтактно. В условия на ограничени ресурси или при много плътни катаракти ултразвуковите апарати за измерване на аксиална дължина дават добри резултати, особено когато се използва имерсионна техника. Добавеното време, необходимо за традиционните техники с имерсия, е ограничаващ фактор по отношение на тяхното широко използване, защото повлиява на потока от пациенти в практики с голям обем. Международната агенция за превенция на слепотата е публикувала стандартен списък на оборудването за звената за грижа за очите Vision 2020 за насоки.

1.5.1.2. Аберометрия

1.5.1.2.1. Аберометрията е диагностична техника, която се използва за измерване на аберации в оптичната система на окото извън късогледство (миопия), далекогледство (хиперметропия) и астигматизъм. Тези аберации могат да бъдат от по-висок ред, като сферична аберация, кома, трейфойл и други. За тях е доказано в литературата и практиката,

че могат да повлияят на качеството на зрението, особено при условия на ниска осветеност или широка зеница [51].

1.5.1.2.2. Принципи - Аберометрията анализира начина, по който светлинните лъчи преминават през окото, включително роговицата, лещата и други, за да идентифицира аберации, които могат да повлияят на качеството на зрението. Аберациите от висок ред са отклонения от перфектната оптична система и могат да се дължат на промени във формата на роговицата, аномалии на лещата или други фактори, засягащи структурите на окото.

1.5.1.2.3. Техники за измерване – Wavefront аберометрията е една от съвременните и най-често използвани техники в офталмологията за предоперативна оценка на пациенти, при която сензор на вълновия фронт се използва за анализиране на преминаването на светлинните лъчи излизайки от окото. Wavefront технологията дава израз на фазата и амплитудата на светлинните лъчи, преминаващи през всяка оптична система [52]. Този сензор определя количествено отклоненията на вълната от перфектната оптична система и генерира карта, която представя аберациите от висок и нисък ред. Аберометрите на Hartmann-Shack и Tscherning са два вида използвани широко в офталмологията днес [53]. Тези сензори използват различни методи за улавяне на вълновия фронт и анализ на аберациите. Друг метод е Raytracing технологията, който симулира пътя на светлинните лъчи през окото въз основа на неговите оптични свойства [38]. Технологията Raytracing в офталмологията е изчислителен метод, използван за симулиране на пътя на светлинните лъчи, докато преминават през оптичната система на окото. Чрез проследяване на отделни светлинни лъчи през различните анатомични структури на окото, технологията дава подробен анализ на това как оптичните аберации влияят на зрението [54]. iTrace използва аберометрия за динамично измерване и анализ на аберометрия на вълновия фронт, топография, рефрактометрия и позволява на хирурга да установи наличие на аберации на роговицата и лещата, като по този начин се разграничат двата компонента. Тази технология е ползвана при скрининг на пациенти и прогнозиране на резултати при операции с имплантиране на мултифокални и E-ДОФ ВОЛ. Най-новият софтуер iTrace и wavefront могат да имат предимства пред настоящата технология Scheimpflug [55].

1.5.1.2.4. Клинични приложения - Аберометрията е изключително ценна в рефрактивната хирургия, като LASIK и PRK, както и при рефрактивните катарактални операции където се цели високо качество на постоперативното зрение. Изследването и е важно и при диагностициране и лечение на състояния като кератоконус, при които неправилната форма на роговицата води до изразени аберации и зрителни изкривявания. При операция на катаракта аберометрията може да помогне при избора и изчисляването на ВОЛ и коригиране на съществуващи аберации [38].

В обобщение, аберометрията предоставя ценна информация за оптичните характеристики на окото отвъд традиционните рефракционни аномалии.

Чрез количествено определяне на аберациите, особено тези от висок ред, аберометрията помага за персонализиране на лечението, подобряване на постоперативното качество на образа и повишаване на удовлетвореността на пациентите след операция за катаракта.

1.5.1.3. Дълбочина на предна камера - В контекста на изчисляването на вътреочната леща (ВОЛ) за операция на катаракта, измерването на дълбочината на предната камера на окоото от анатомична гледна точка е разстоянието между ендотела на роговицата и предната повърхност на човешката леща или ВОЛ. В оптичния контекст, особено когато тази стойност се използва във формула за изчисление на ВОЛ, обикновено се измерва от предната повърхност на роговицата и включва цялата и дебелина [56]. Това измерване има голямо значение за определяне на подходящата мощност и позиция на ВОЛ за постигане на най-добрия ретинален образ и качество на зрение [56]. Проучвания, базирани на предоперативна и следоперативна ултразвукова биометрия показват, че 38% от грешките в прогнозираната рефракция след имплантирането на ВОЛ могат да се дължат на грешки в оценката на следоперативната ACD [57]

1.5.1.3.1. Техники за измерване Дълбочината на предната камера може да бъде измерена с помощта на няколко техники: ултразвукова биометрия (А-сканиране), оптична биометрия (частична кохерентна интерферометрия) и изображения на Scheimpflug (оптична кохерентна томография на преден сегмент). Оптичната биометрия осигурява подобни измервания, използвайки технология, базирана на светлина, докато Scheimpflug апаратите улавят подробни триизмерни изображения на предния сегмент, което позволява прецизни измервания.

1.5.1.3.2. Клинично значение на дълбочината - ПК е важен параметър във формулите за изчисляване на ВОЛ, тъй като влияе върху ефективната позиция на лещата (ELP) и върху рефрактивния резултат от операцията на катаракта [45]. Измерена по-плитка дълбочина на предната камера може да доведе до хиперметропични рефрактивни грешки и потенциални усложнения като закритоъгълна глаукома. Обратно, голямата дълбочина на предната камера може да доведе до по-задно разположена ВОЛ и миопични рефрактивни грешки, влошено качество на ретиналния образ и намалена зрителна острота [56].

В обобщение, взимането под внимание на дълбочината ПК има решаваща роля при изчисляването на ВОЛ, влияе върху ефективната позиция на лещата и качеството на ретиналния образ след операция за катаракта. Този параметър се посочва като втори по важност след АД в много регресионни анализи [58, 58]. Точното измерване на дълбочината на предната камера е с доказано значение за постигане на оптимални визуални резултати и удовлетворение на пациента след операция на катаракта [59].

1.5.1.4. Очаквана/Ефективна позиция на лещата (ELP) е важен параметър и е в тясна връзка с дълбочината на ПК при изчисляването на силата на вътреочната леща. Отнася се за позицията на ВОЛ в окоото след имплантиране и определя нейната ефективна мощност [45]. Тя представлява разстоянието от върха на

роговицата до основната равнина на ВОЛ, което е нейната ефективна оптична позиция в окото. ELP се влияе от различни фактори, включително аксиална дължина на окото, дълбочина на предната камера, дебелина на човешката леща и избора на модел и мощност на ВОЛ.

1.5.1.4.1. Клинично значение: Точната оценка на ELP е от решаващо значение за постигане на желаня рефракционен резултат след операция на катаракта [45]. Несъответствието между предвиденото и действителното местоположение на ВОЛ доказано довежда до рефракционни грешки. Ефектът от грешките в позицията на ВОЛ върху рефракцията се увеличава при късите AL и намалява за по-дългите такива. Ако предвидената ELP не е точна и най-точните формули за изчисление на ВОЛ няма да доведат до адекватна прогноза на постоперативната рефракция [45]. ELP също влияе върху избора на модел на ВОЛ, особено при премиум ВОЛ, като мултифокални и удължена дълбочина на фокус, където прецизното позициониране е от съществено значение за оптимално качество на зрението. В статия от 1997 г. Свирек Норби описва друг подход, известен като подход на равнината на хаптиките на лещата (LHP) за определяне на позицията на ВОЛ. Подходът на LHP прави ясно разделение между прогнозирането на следоперативната позиция на ВОЛ и изчисляването на оптичната мощност. Позицията на LHP е свързана с анатомията на окото и се определя по екватора на капсулата. Този параметър е независим от модела на ВОЛ, което прави предоперативното определяне на LHP универсално, отделно от всякакви константи, свързани с ВОЛ [60].

В обобщение, ефективната позиция на лещата (ELP) играе решаваща роля за изчисляване на силата на вътреочната леща при операция на катаракта. Точната оценка на ELP е от съществено значение за постигане на желаня рефракционен резултат и оптимизиране на качеството на ретиналния образ след имплантиране на ВОЛ.

1.5.1.5. Формули за изчисление на ВОЛ – Формулите за изчисляване на вътреочни лещи са един от най-важните инструменти в съвременната хирургия на катаракта, като осигуряват постигане на оптимални рефрактивни резултати. Тези формули използват биометрични измервания като аксиална дължина, кератометрия и дълбочина на предната камера, за да предскажат ефективната позиция на лещата (ELP) и да изчислят силата на ВОЛ.

1.5.1.5.1. Видове формули

1.5.1.5.1.1. ФОРМУЛИ ПЪРВО ПОКОЛЕНИЕ В края на 70-те години катаракталните хирурзи са разчитали на прости математически формули, за да изчислят мощността на ВОЛ въз основа на предоперативната биометрия на пациента [61]. Една от най-ранните формули беше формулата на Бинхорст, въведена от д-р Корнелиус Бинхорст през 1969 г. Тази формула използва метода на разстоянието на върха и опростява процеса на изчисляване на мощността на ВОЛ. От 1967 г. в офталмологията са се появили множество теоретични и регресионни формули за изчисления на

силата на ВОЛ. Едни от първите практически използвани регресионни формули прилагат А-константата, в своите изчисления. Формулата на SRK използва уравнението: $P = A - 2.5AL - 0.9K$, където P = силата на ВОЛ изчислена за еметропия, A представлява А-константата на всяка леща, а K представлява средната кератометрия на роговицата [62]. Формулата на Binkhorst използва константна стойност за дълбочината на ПК след операцията [63]. В оригиналната теоретична формула този параметър зависи от вида леща и разположението в окото [64]. Авторите направили изследване на формулата, заключват, че трябва да се използва линейно уравнение и в него трябва да се използва константа за всеки вид леща, която е емпирично определена, АД и кератометрия на роговицата, чрез които да се изчисли ВОЛ за еметропия [64].

1.5.1.5.1.1.1. Бинкхорст 1 (теоретична формула от първо поколение), Shammas модифицира AL ($AL = 0,9 AL + 2,3$). Това повлиява изчислението на силата на ВОЛ толкова, колкото и промяната на ACD [65]

1.5.1.5.1.1.2. Бинкхорст 2 (теоретична формула от първо поколение) промени начина на изчисление на ACD константата като функция на AL ($AL / 23,45 \times ACD$) [65].

1.5.1.5.1.1.3. Теоретични Формули

Съществуващите теоретичните формули разглеждат окото като физична оптична система в литературата те се считат за потенциално по-точни от регресионните формули, когато се използват извън средностатистическите, например при очи с необичайно дълга или къса АД [66]. Теоретичните формули са разработени за първи път от Thijssen, Van Der Heijde и Binkhorst [66]. В тях методът, използван за прогнозиране на дълбочината на ПК след операция, е от първостепенно значение. Вариациите в този параметър допринасят за общата рефрактивна грешка с 20% до 40%, като този процент може да варира [57].

SRK ФОРМУЛА Формулите SRK и SRK-II използват А-константи, които са емпирично определени от производители и хирурзи [66]. По-старите регресионните формули на Lloyd/Gills, Sanders/Kraff и Retzlaffll са основата, която води до създаването на формулата SRK [61], използвана в световен мащаб поради нейната простота и факта, че в нея индивидуална за всеки тип ВОЛ константа, заменя параметъра за дълбочина на ПК [61] [65].

1.5.1.5.1.1.4. Регресионни формули

Регресионните формули са се доказали във времето и практиката по отношение на точност [66]. Няколко изследователи са публикували методи използващи линейна регресия за повишаване на точността на теоретичните формули [64]. С доказана точност, регресионните формули изглеждат по-лесни за използване и манипулиране от теоретичните [61]. Остатъчната грешка на тези

формули, независимо дали се дължи на хирургичната техника или дизайна на ВОЛ, се преизчислява в една константа [66] [61].

SRK-I Тъй като формулите, които се базират на оптиката на Гаус, правят изясняването на грешките особено сложно и трудно за избягване, Ретцлаф, Сандърс и Краф въвеждат „емпиричен“ подход - формулата SRK-I

1.5.1.5.1.2. ФОРМУЛИ ОТ ВТОРО ПОКОЛЕНИЕ

Автори изследвали формули за полиномна регресия, установяват по-добри резултати в сравнение с формулите от първо поколение [64]. Изследователи, използващи теоретични формули, докладват подобрене в резултатите след съотнасяне на очакваната постоперативна дълбочина на ПК с АД и използване на по-високи и по-ниски стойности, съответно за по-дълги и по-къси очи [64].

1.5.1.5.1.2.1. SRK-II е формула от второ поколение. Тя допълва SRK и цели по-голяма точност при дълги ($AL > 26 \text{ mm}$) и къси очи ($AL < 22 \text{ mm}$) чрез корекции на основния формула използвайки линеарен регресивен модел, основаващ се на предоперативни данни от биометрия чрез частична кохерентна интерферометрия (partial coherence interferometry-PCI) за предвиждане на постоперативната дълбочина на ПК [67] [68]. Някои от формулите за изчисляване на силата на ВОЛ се основават на теоретична оптика, докато други са емпирични, като липсва разбирателство между различните автори и проучвания относно превъзходството на която и да е от тези формули над другите [47]. Това може да е свързано с разнообразието от променливи, свързани с използваната хирургична техника, вида кератометър или ултразвуков апарат, вида на ВОЛ [47]. Формулата SRK е най-широко използваната в световен мащаб [47] [61]. Според различни автори формулата SRK-II дава по-голям процент грешки [69] [70]. Сандърс и съавтори докладват съответно 30% и 81% грешки за $<0,5 \text{ D}$ и $<1,0 \text{ D}$ при прилагане на SRK-II [66]. Към днешна дата SRK-II е най-широко използваната формула в световен мащаб [61]. През 1988 г. авторите на SRK формулата са направили модификация на A-константата (SRK-2), като тя е била увеличена на стъпки от 1,0 диоптър, когато АД е по-къса от 22 mm (+ 1 D), 21 mm (+ 2 D)

и 20 mm (+ 3 D) и намалява с 0,5 D, ако е по-дълга от 24,5 mm [65].

1.5.1.5.1.2.2. Формула на Holladay е по-нова теоретична формула. Тя дава по-точно местоположение на оптичната равнина на ВОЛ по отношение на роговицата и фовеята [64]. Холадей установява, че изчислението на дълбочината на ПК зависи и от местоположението на ириса. Неговата равнина се променя в зависимост от дебелината на човешката леща [61]. Холадей комбинира персонализиран фактор за изчисление на дълбочината на ПК, използвайки метода на Фьодоров, като взема предвид АД и кератометриите, за да предскаже височината на роговицата [65].

1.5.1.5.1.3. ФОРМУЛИ ОТ ТРЕТО ПОКОЛЕНИЕ

В началото на 90-те години теоретичните формули от трето поколение (напр. Hoffer Q, Holladay 1, и SRK/T) получават всеобщо признание. В проучване направено от Holladay, авторът дефинира понятието „фактор на хирурга“ като разстоянието от равнината на ириса до равнината на ВОЛ. Haigis използва три константи за подобряване постоперативната ELP, докато Hoffer Q използва константа за дълбочината на ПК [65]. Във формулата SRK/T се използва A-константа за изчисляване на този параметър чрез отчитане на дебелината на ретината и индекса на пречупване на роговицата [56] [64] [66] [71]. Теоретичните формули от трето поколение и SRK/T2 използват само показанията на АД и кератометрии, за предсказване на ELP [72]. Сред теоретичните формули от трето поколение, проучванията показват, че Holladay 1 е с по-голяма точност за очи с АД < 26,0 mm, докато SRK/T при очи $\geq 26,0$ mm [73]. Множество публикации правят сравнения [74] [69] между различни формули за изчисления на силата на ВОЛ с извода, че формулите от и след трето поколение дават по-добри резултати. Методът за прогнозиране на дълбочината на ПК при SRK/T е по-точен, когато се прилага при очи с дълга АД [59], въпреки че автори докладват обща точност от 81% [66]. Съобщава се, че изчисленията с тази формула нямат статистически значима разлика от тези на други формули и са едни от най-често прилаганите в клиничната практика днес.

1.5.1.5.1.3.1. SRK/T формулата е сред най-използваните в офталмологията в цял свят за изчисление на ВОЛ. Въпреки докладваната обща точност от 81% [66] трябва да се има предвид че формулата е по-неточна когато се прилага

при очи с по-голяма АД [58]. В определени ситуации е докладван наличието на математически артефакт наречен „феномен на SRK/T извивка“ [75]. За да преодолеят този проблем, Sheard и съвтори предлагат промяна в оригиналната формула с такава за емпирична регресия и я наричат T2 [72]. По този начин формулата T2 е допълнение към SRK/T, чрез което се предотвратява нефизиологичното поведение на SRK/T [61] [74]. Публикация на Sheard и съвтори представя подобрени рефракционни резултати с формулата T2 с 10% [72].

Точността на формулата SRK/T се изследва и потвърждава до момента с помощта на независими набори от данни [66]. Публикация на Findl и съвтори [71] съобщава за средна грешка от 0,44 D при прилагане на формулата SRK/T. Малък брой проучвания са представили рефрактивни резултати след факоемулсификация с помощта на формулата SRK/T.

- 1.5.1.5.1.3.2. Hoffer Q и Holladay 1 Формулата Holladay 1 разчита на уравнението на Fyodorov за постоперативна прогноза на дълбочината на ПК. Формулата на Hoffer Q използва независима формула, която отчита тангентата на мощността на роговицата [61].

1.5.1.5.1.4. ФОРМУЛИ ОТ ЧЕТВЪРТО ПОКОЛЕНИЕ

По-новите формули, включително Haigis, Holladay, Olsen и Barrett Universal II, включват голямо разнообразие от променливи и методологии в своите алгоритми за изчисление [76]. Формулите от трето и четвърто поколение в момента са най-използваните за изчисляване на ВОЛ [77] [65] [61]. Установено е че при очи с по-дълга АД, най-новите формули (напр. Holladay 2) не дават по-добри и точни резултати от тези от трето поколение [78]. Формулите от четвърто поколение Holladay 2 и Haigis и формулите от пето поколение (Barrett Universal II, Olsen) включват допълнителни параметри, като по този начин се постига по-добра точност в прогнозата на ELP. Тези параметри са предоперативна дълбочина на ПК и дебелина на лещата във формулата на Haigis, докато формулите Holladay 2, Olsen и Barrett Universal II използват и данните за бяло към бяло (WTW) [79]. Формулата на Haigis се различава от другите формули в своя подход към прогнозирането на ELP. Тя използва три константи, които са специално проектирани за да наподобят максимално нелинейната връзка между

АД и ВОЛ. Това осигурява по-точна оценка на ELP без да е нужно включването на коригиращи фактори. Формулата на Олсен се основава на теорията за дебелите лещи [45]. В последната си версия формулата на Olsen включва пет параметъра измерени предоперативно за предсказване на ELP [59]. Според текущата литература по-новите формули не превъзхождат оптимизирания модел на Hoffer Q за къси очи или формулата SRK/T за дълги очи [80].

1.5.1.5.1.4.1. Holladay 2 формулата за определяне на силата на ВОЛ е въведена в клиничната практика през 1996 г, като в началото е предложена като изменение на формулата на Holladay [78]. Holladay 2 дава резултати подобни на Hoffer Q при очи с къса АД, докато Holladay 1 и Hoffer Q дават еднакви резултати при очи с дълга АД. От всички формули SRK/T е по-точна при изчисления на очи с много дълга АД. Holladay и съавтори [64] публикуват данни получени от 12 различни хирурзи и докладват грешка от 0,48 D до 0,81 D за тази формула.

1.5.1.5.1.4.2. Haigis формулата отчита измерванията на дълбочината на ПК преди операцията, заедно с АД, за изчисление на ELP [56]. Haigis се различава от формулите, които зависят от две променливи като взема предвид три (a_0 , a_1 и a_2), за да определи ELP (d), където $d = a_0 + (a_1 \times ACD) + (a_2 \times AL)$ [81] [82]. Формулата на Haigis показва по-добри резултати само при изключително късогледни очи, където е необходимо изчисление на ВОЛ с минусова мощност [81] [83]. Характеристика на формулата на Haigis е, че тя взема предвид дълбочината на ПК, без да включва изчисление на кератометриите на роговицата за предсказване на ELP [82].

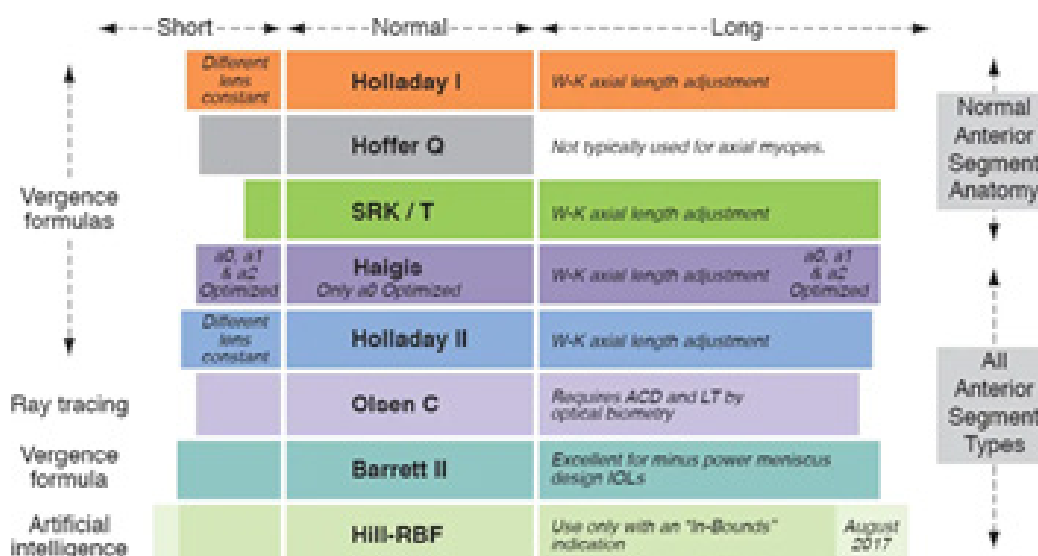
1.5.1.5.1.5. ФОРМУЛИ ОТ ПЕТО ПОКОЛЕНИЕ

Те представляват най-новите постижения в технологиите за изчисляване на мощността на ВОЛ, включвайки сложни математически модели и усъвършенствани биометрични данни за подобряване на точността и предвидимостта на резултатите. Някои формули от пето поколение използват алгоритми с изкуствен интелект (AI) и техники за обучение, за да анализират големи бази от данни. Платформите за изчисляване на IOL, управлявани от AI, могат да идентифицират модели и връзки, като по този начин се правят персонализирани прогнози и усъвършенстване на

параметрите на формулите във времето за всеки хирург.

1.5.1.5.1.5.1. Barrett Universal II: Формулата Barrett Universal II [84] взема предвид че промяната в главните равнини на ВОЛ води до наличие на различни мощности. Формулата включва параметрите за АД, кератометрии, дълбочина на ПК, LT и WTW, използва дълбочината на ПК и фактор на лещата за изчисляване на ELP [61] [85]. Формулата Barrett Universal II е доказана в литературата като по-точна от предишни поколения [69]. Данните от две проучвания на Кане и съавтори, показват че с помощта на Barrett Universal II е постигнат по-нисък процент на рефрактивни грешки в изследваната популация [74] [73].

1.5.1.5.1.6. Olsen: Вече са налични по-нови формули, които използват ray-tracing технология и математически модели тип “дебела леща”, за разлика от формулите от предишни поколения.. Формулата на Olsen е инсталирана предварително на специални устройства или като софтуер, който може да бъде закупен (OlsenStandalone). Тя включва АД, кератометрии, дълбочина на ПК, LT и възраст на пациента [56]. В литературата OlsenStandalone показва по-добри резултати от OlsenOLCR с изключение на очи с по-голяма АД. Дори и в такива случаи, не се наблюдава статистически значима разлика (MAE ~ 0,001 D) между двете [69]. За оценка на ELP формулата на Олсен изисква въвеждането на С-константа (използвана за оценка на позицията на ВОЛ постоперативно, въз основа на размери и положение на човешката леща преди операцията), която от своя страна налага измерване на LT [86]. Като заключение се установява че тази формула дава повече хиперметропични резултати особено в очи с къса АД.



1.5.1.5.1.7. Значение на параметъра дълбочина на предната камера за избор на формула за изчисление на IOL

Различни формули за изчисление на IOL, като формулите SRK/T, Holladay I, Hoffer Q и Barrett Universal II, включват измервания на дълбочината на предната камера за придвиждане на ELP и изчисляване на мощността на ВЛО, необходима за постигане на желаните рефракционен резултат. Формулите от трето поколение коригират следоперативната дълбочина на ПК въз основа на АД и роговичната кривина или прилагат принципите на оптиката на Гаус [64] [87] [65]. Във формулите от четвърто поколение ACD е от решаващо значение за прогнозиране на ELP. Във формулата на Haigis [82] това е изключително важно, тъй като тази формула използва само AL и ACD за прогнозиране на ELP [88].

1.5.1.5.1.8. Значение на параметъра ЕПЛ за избор на формула за изчисление на IOL

Няколко формули от трета генерация за изчисляване на IOL, като формулите SRK/T, Holladay I, Hoffer Q използват теорията за “тънката леща” и включват различни биометрични измервания за оценка на ELP [61] и изчисляване на подходящата мощност на IOL. Тези формули използват параметри като аксиална дължина, мощност на роговицата, дълбочина на предна камера и дебелина на лещата за пресмятане на ELP и оптимизиране на рефрактивния резултат. Формулите от четвърто поколение - Holladay II [64], Haigis [89] и тези от пето поколение - Barrett Universal II [85] и Olsen, включват допълнителни параметри при изчисляването на ELP. Те се различават за различните формули. Формулата на Haigis разглежда предоперативния ACD като една от променливите при прогнозиране на ELP. За разлика от тях формулите Holladay II, Olsen и Barrett Universal II включват измерване на дебелината на лещата, ACD и WTW [45].

1.6. Видове вътреочни лещи

Вътреочните лещи (ВОЛ) са медицински импланти използвани за да заменят естествената леща при операции на катаракта и за коригиране на рефракционните аномалии. Налични са няколко типа ВОЛ, всяка с различен дизайн, материали и предназначение. Те могат да бъдат разделени на няколко вида [90].

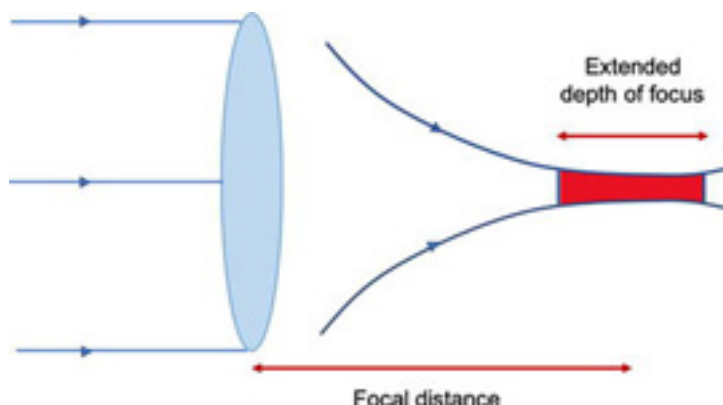
1.6.1. Монофокални ВОЛ имат една фокусна точка, осигуряваща ясно постоперативно зрение и качество на образа на фиксирано разстояние (обикновено за далеч или близо). След имплантацията на този вид лещи пациентите се нуждаят от очила, в зависимост от избраното фокусно разстояние на ВОЛ [91]

1.6.2. Торични ВОЛ са специално проектирани да коригират астигматизъм, често срещана рефракционна аномалия причинена от неправилно пречупване на светлинните

лъчи от различните меридиани на роговицата или лещата. Тези ВОЛ имат различна сила в различните меридиани, като по този начин намаляват астигматизма и осигуряват по-ясно постоперативно зрение без нужда от очила.

1.6.3. Акомодиращи ВОЛ имитират естествената способност за фокусиране на човешката леща и по този начин осигуряват известна степен на акомодация. Тези ВОЛ са проектирани по начин който осигурява диапазон на зрение без нужда от очила на различни разстояния [90].

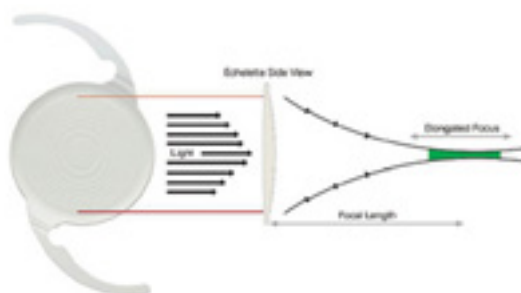
1.6.4. ВОЛ с удължена дълбочина на фокус (EDOF) са по-нов тип ВОЛ, предназначени да осигурят непрекъснат диапазон от ясно зрение от далечно до средно разстояние. В техния дизайн не се наблюдават отделни фокусни точки, вместо това те имат подобрена дълбочина на фокус и намаляват необходимостта от очила за повечето ежедневни дейности [92]. Трябва да се отбележи че след имплантация на този вид лещи някои пациенти имат нужда от очила за близо [92].



1.6.4.1. Видове Е-ДОФ ВОЛ

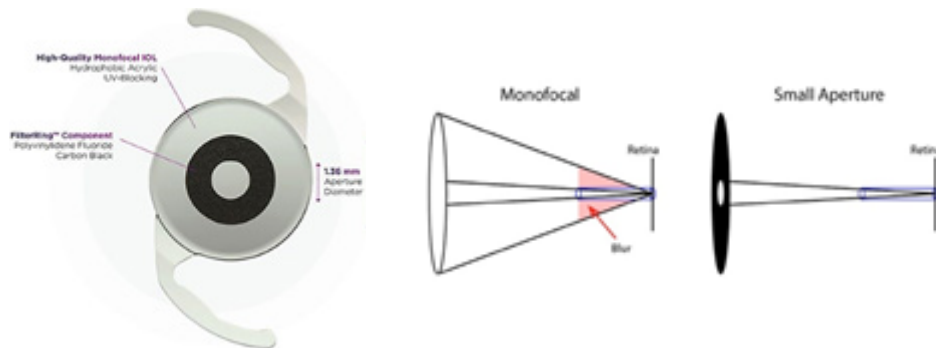
1.6.4.1.1. Рефрактивни EDOF ВОЛ - Тип 1

Оптиката на този вид ВОЛ използва дизайн с градиентен индекс на пречупване, за да постигне дълбочина на фокус, чрез промяна на сферични аберации [93] за подобряване на междинното зрение [94].



1.6.4.1.2. EDOF ВОЛ с ефект на стенопична дупка – Тип 2

Механизмът на действие използва принципа на стенопичната дупка, за увеличаване на дълбочината на фокуса чрез блокиране на периферните аберации. Оптиката има вграден тъмен ринг в периферията, което подобрява зрението, като същевременно минимизира отблясъците.



1.6.4.1.3. Дифрактивни EDOF ВОЛ Тип 3

Механизмът на оптиката използва дифракционна методика за разширение на фокусния диапазон, като контролира как се разпределя светлината. Този метод осигурява ясно виждане на далечно и междинно разстояние, но може да причини леки ореоли през нощта [95].

1.6.4.1.4. Хибридни EDOF ВОЛ – Тип 4

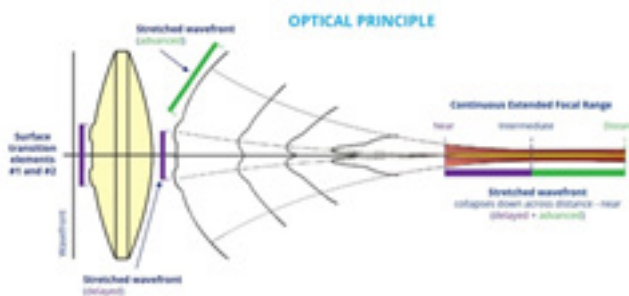
Механизмът на оптиката включва комбиниране на характеристиките на рефрактивните и дифрактивните лещи, за постигане на Е-ДОФ ефект и минимизиране на зрителните смущения. Включва недифракционен профил за разширяване на дълбочината на фокуса [94].



1.6.4.1.5. Подобрени монофокални EDOF лещи (beam-shaping (EDOF) - Тип 5

Този тип лещи моделират предната повърхност на централната оптична зона, за промяна в малка степен на мощността от центъра към периферията, подобрявайки дълбочината на фокуса, без отделни зони.

Наблюдава се плавна прогресия, която цели да осигури оптимално зрение за далечно разстояние, като същевременно подобрява междинното зрение.



1.6.5. Мултифокални ВОЛ Те имат няколко фокусни точки, което позволява постигане на ясно постоперативно зрение на различни разстояния (близко, междинно и далечно). Те имат за цел да намалят зависимостта от очила на пациентите след операция за катаракта [96].

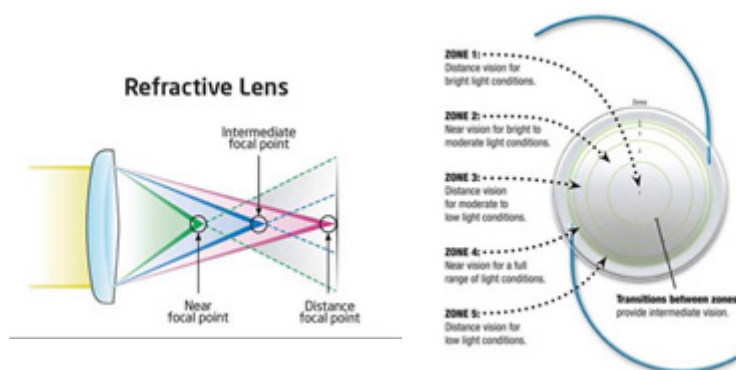
Поставянето на мултифокална ВОЛ изисква внимателно прецизиране не само на типа леща, но и на пациента на когото се предлага. Невроадаптацията към такива специфични лещи е доказано по-дълга и трудна особено в случаите когато минава продължително време от имплантацията на едното око до другото. Мултифокалните ВОЛ могат да бъдат рефрактивни, дифрактивни или комбинирани [92].

1.6.5.1. Рефрактивните ВОЛ са едни от първите създадени в опитите, да се осигури независимост на пациента от очила. Характеризират се с наличие на рингове - оптични зони с различна диоптрична сила. Комбинацията от тези зони осигурява зрение за близка, средна и далечна дистанция. Поради особеностите на оптиката фокусът зависи от големината на зеницата. Пръстеновидните апертури влияят върху качеството на зрението, пациентите съобщават за поява на кръгове нощем.

1.6.5.2. Дифрактивни лещи са изградени от концентрични кръгове по цялата повърхност на лещите и границата на всеки от тях води до дифракция на светлината. Осигуряват зрение на всички дистанции и са по-независими от големината на зеницата в сравнение с рефрактивните ВОЛ.

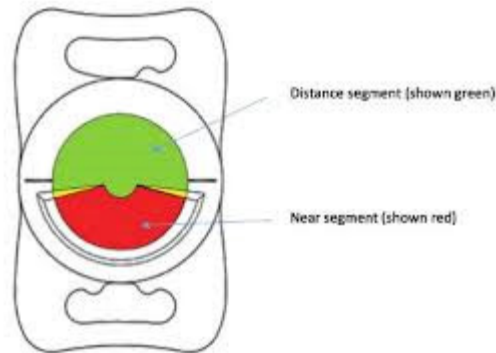
1.6.5.2.1. Детайли на оптиката

1.6.5.2.1.1. Рефрактивни лещи – дизайнът на оптиката при рефрактивните ВОЛ се характеризира с няколко на брой концентрични окръжности (обикновено 5) които имат различна кривина и сила на пречупване на светлината. По този начин се получават няколко фокусни точки. Оптиката на тези лещи не разделя светлината на две основни точки, тя води до фино разпръскване на светлина около фокусната точка за близо, което позволява да се увеличи диапазона на зрителната острота за близо. Недостатък на този вид лещи е зависимост от големината на зеницата, поради големината на оптичните зони и чувствителност към правилна центрация в сака. Тези особености характеризират и оплаквания на пациенти с такива лещи от хало и глеър, както и намалена контрастна чувствителност.

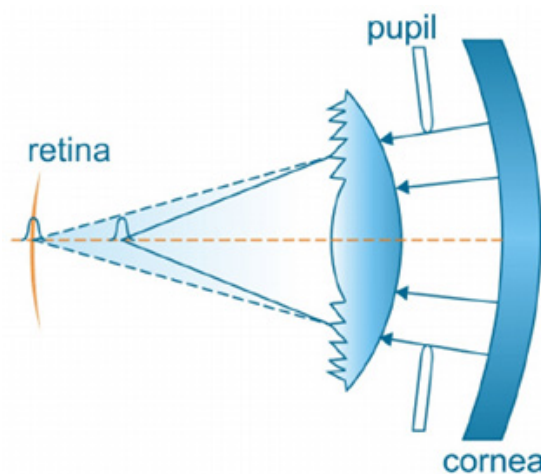


1.6.5.2.1.2. Секторни (ротационно асиметрични) ВОЛ – оптичната зона при тези лещи е разделена на две основни части наподобяваща С-тип бифокални лещи. Те осигуряват едновременно зрение за близо и далеч, а не преходно такова. Цялото разпределение на светлината за близо се

наблюдава на ръба на двете зони, поради тази причина при имплантация се изисква зоната за близо да се разположи в долната част на окото. По този начин се осигуряват две основни фокусни точки окото. Дизайнът на оптиката с липсата на кръгове води до независимост от големината на зеницата и свежда оплакванията на пациентите от хало до минимум. Глеър може да се наблюдава в зоната между двата сегмента.

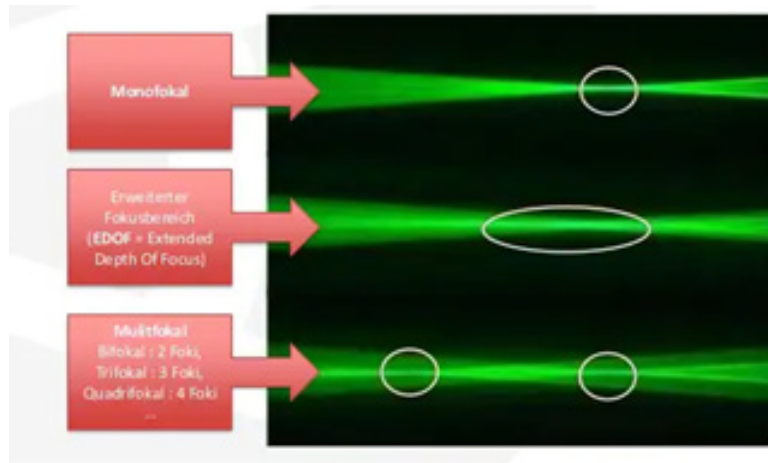


1.6.5.2.1.3. Дифрактивни ВОЛ – оптиката при тези ВОЛ е построена на принципа на разпръскване на светлината. Тя е изградена от дифрактивни микроструктури подредени в концентрични зони, които се приближават едни към други с отдалечаването си от центъра на лещата. Разпределението им позволява да се упражни контрол върху дифракцията на светлината и по този начин да се изградят две основни фокусни точки в окото. Те са най-често бифокални и осигуряват равномерно разпределение на светлината за близка и далечна дистанция и способства за получаването на два ясни образа. Дизайнът им осигурява независимост от големината на зеницата [97]. При тях се наблюдават по-често хало, глеър и разпръскване на светлина, особено при ВОЛ с по-голяма добавка за близо [98].

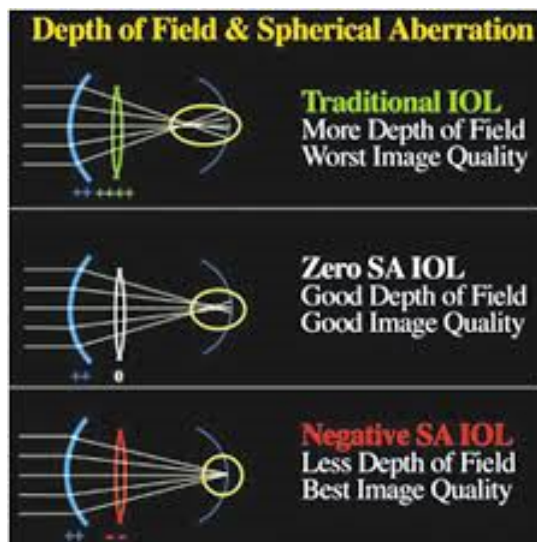


1.6.5.2.1.4. Частично дифрактивни ВОЛ – при този дизайн

дифрактивната част на лещата е само върху част от цялата леща, обикновено в централните 3,6мм на оптиката. Повечето лещи имат 12 концентрични кръга в централната част. По този начин централната зона разпределя светлината еднакво между близката и далечна дистанция. Всеки кръг прогресивно разпределя повече светлина към далечното зрение. Около тази централна дифрактивна зона се разполага реферативна зона осигуряваща далечното зрение. Тези лещи са зависими от големината на зеницата.



1.6.5.2.1.5. Сферични/Асферични лещи – доказани в практиката и лабораторни условия асферичните лещи като дизайн се появяват в резултат от опитите да се компенсират сферичните aberации от роговицата с помощта на ВОЛ [99]. Във факичните очи това се осъществява от кристалиновата леща, която неутрализира роговичните aberации и позволява получаването на ясен образ върху ретината. При оперативното отстраняване на човешката леща и имплантирането на мултифокална ВОЛ със сферичен дизайн са установени засилване на оплакванията на пациентите от aberации и намаление на контрастната чувствителност. Асферичните лещи имат за цел неутрализирането на този феномен, по-добра зрителна острота и повишена контрастна чувствителност.



1.6.5.2.2. **Позиция** - Имплантирането на мултифокалните ВОЛ в сака и тяхната центрация са едни от основните и най-важни предпоставки за формиране на ясен ретинален образ [100]. Съвременната катарактална хирургия и развитието на апаратите за изчисление и изследване на ВОЛ позволяват да се установят промени в позицията на ВОЛ в сака и по този начин да се обективизират оплакванията на пациенти при които се наблюдава ротация или тилт на лещата. За центрацията на лещата се взимат под внимание както оптичната, зрителната така и зеничната ос на пациента за постигане на оптимално зрение. Проучванията показват, че ориентацията на фоторецепторите също има значение за постигане на оптимален зрителен резултат.

1.6.5.2.3. **Материал на изработване на ВОЛ**

1.6.5.2.3.1. **Полиметил Метакрилат - Polymethyl methacrylate (PMMA)** представлява прозрачна термо пластмаса. Материалът е произведен за първи път като по-лека и устойчива алтернатива на стъклото. PMMA като материал, използван за направата на ВОЛ, има много предимства и един основен недостатък - размерът на разреза на роговицата, необходим за имплантирането им. Тъй като PMMA е твърд материал, роговичният разрез трябва да бъде поне толкова голям, колкото ВОЛ, което води до голяма рана, която трябва да бъде адаптирана с шев. Това предизвиква астигматизъм и в сравнение с модерната хирургия на катаракта изисква удължено време за възстановяване [101].

1.6.5.2.3.2. **Хидрогел** - Първите сгъваеми ВОЛ са разработени през 50-те години на миналия век и са направени от хидрогелен материал. Хидрогелите са хидрофилни мрежи от полимери, които силно набъбват при контакт с вода; те се различават по размер и свойства, в зависимост от тяхното съдържание на вода. В хидратирано състояние хидрогелите са гъвкави, бистри, неимуногенни и приличат на жива тъкан - което ги прави отличен материал за изработване на сгъваеми

ВОЛ (макар и от материал, който е значително по-скъп от РММА). Тъй като насищането с вода определя размера на хидрогела, това означава, че може да се имплантира полухидратирана леща през малък разрез и тя ще се хидратира напълно в окото [101].

1.6.5.2.3.3. Силикон - Силиконът е синтетичен полимер, конструиран като органична полисилоксанова молекула. Тези молекули се състоят от периодично повтарящи се силициево-кислородни групи. Тази структура е основа за полимер и е идентична за всички силиконови ВОЛ. Свързани със силициевия атом са страничните вериги, които влияят върху свойствата на материала. Силиконовите материали от първо поколение (като полидиметилсилоксан) имат метил странични вериги. При силиконите материали от второ поколение метил страничните вериги са заменени с винилови групи. Първата сгъваема силиконова ВОЛ е имплантирана в човешки очи през 1978 г. от Кай-Йи Джоу. Те са били бързо приети, а сгъваемите силиконови IOL са се имплантирали основно през 80-те години. През 1989 г. е представена първата налична в търговската мрежа силиконова платформа за употреба след факоемулсификация [102].

1.6.5.2.3.4. Акрилните хидрофобни ВОЛ са съвременни сгъваеми лещи, които са най-широко използвани в днешно време. Те са проектирани от съполимери на акрилат и метакрилат, получени от РММА. Новият дизайн прави ВОЛ сгъваема. Те могат да бъдат манипулирани по време на операцията и винаги да се връщат към първоначалната си форма за кратък период от време. Първият имплантиран IOL от този материал е през 1991 г. на компанията Seiko Optical Company. Първият комерсиално успешен модел ВОЛ е на компанията Алкон „ AcrySof® IOL“ [100]. Хидрофобният сгъваем акрил може да бъде от три части или моноблок, прозрачен или оцветен в жълто. Новите материали на ВОЛ са предварително хидратирани за оптимално равновесие на водното съдържание и не поемат допълнителна вода. Поставени са в BSS, за да се абсорбира евентуалното допълнително водно съдържание преди имплантацията.

1.6.5.2.3.5. Акрилни хидрофилни ВОЛ - Хидрофилният сгъваем акрил е комбинация от хидроксиетилметакрилат (polyHEMA) и хидрофилен акрилен мономер материал и е въведен през 1980 г. с няколко модификации оттогава. ВОЛ произведени от тези материали, обикновено са моноблок и са предназначени за имплантация в капсулата. Те са меки, сгъваеми с отлична биосъвместимост, могат да бъдат имплантирани чрез малки разрези, от порядъка на 2 mm. Сгъването на поли-HEMA вериги зависи от нивото на хидратация и физически и оптични свойства на

полимера и се променят като функция от съдържанието на вода. Тъй като лещите се хидратират, те абсорбират вода и стават меки и прозрачни [103]. Основният недостатък е по-високата честота на намаление на прозрачността на оптиката в сравнение с други материали и по-ниската устойчивост при контракция на капсулата.

1.6.5.3. Ограничения от страна на вида леща и качество на постоперативния образ:

Различните видове вътреочни лещи (ВОЛ), имат различни предимства и ограничения по отношение на качеството на зрението, което осигуряват.

- 1.6.5.3.1. Монофокалните ВОЛ осигуряват добро зрение в една фокусна точка, обикновено изчислена за ясно постоперативно зрение от далечно разстояние – 5 метра и по-далеч [104]. Те имат основен недостатък - не коригират пресбиопията и не осигуряват зрение за близко и средно разстояние. Пациентите след операция имат нужда от очила за близка или междинна дистанция [105].
- 1.6.5.3.2. E-DOF вътреочните лещи предлагат една нова концепция и са проектирани да осигурят непрекъснат диапазон на зрение от далечно до междинно, а понякога и близко разстояние, без отделните фокусни точки, свързани със структурата на мултифокалните ВОЛ [106]. Въпреки че EDOF имат значителни предимства пред монофокалните лещи, те имат ограничения по отношение на качеството на зрението след операция за катаракта. Докладвани са намалено качество на зрението за близо, пациенти съобщават за ореоли и отблясъци постоперативно, намалена контрастна чувствителност в сравнение с монофокални ВОЛ, необходимост от адаптация към ВОЛ [107].
- 1.6.5.3.3. Мултифокални ВОЛ са проектирани да осигурят ясно виждане на всички разстояния, намалявайки зависимостта от очила след операция. В литературата много автори докладват наличие на зрителни смущения като отблясъци, ореоли или намалена контрастна чувствителност, особено при ниска осветеност, свързани с имплантация на този вид лещи [108]. По литературни данни повечето от пациентите преодоляват тези смущения в рамките на около шест месеца след операция, около 1 % остават с налични такива за постоянно [109].
- 1.6.5.3.4. Торични ВОЛ са специално предназначени за коригиране на наличен астигматизъм. В модерната офталмология всички видове ВОЛ вече имат троичен торичен вариант. Този тип леща изисква прецизна оперативна техника, като правилното прецизиране на градуса за имплантация по време на операция е от решаващо значение за оптимални резултати [40]. Възможността за децентрация на ВОЛ може да доведе до остатъчен астигматизъм и компрометирано качество на ретиналния образ и зрението.
- 1.6.5.3.5. Акомодативни ВОЛ имитират естествената способност на окото за фокусиране на различни разстояния, за да осигурят подобро близко зрение. Акомодацията, осигурена от тези вътреочни лещи обаче е ограничена в сравнение с естествената леща и някои пациенти се нуждаят от очила за четене при продължително зрително натоварване наблизо [110].

Всеки тип ВОЛ има своите предимства и недостатъци, като изборът е многофакторно решение и взема под внимание начина на живот на пациента, неговите очаквания, зрителните нужди, наличие на очна коморбидност, както и предпочитанията на хирурга.

1.7. Обзор върху проблема на качеството на ретиналния образ и зрението

Качеството на ретиналния образ и съответно на зрението след операция на катаракта е многофакторна тема, която обхваща различни аспекти на зрителната функция и включва субективния фактор - удовлетвореност на пациента. Задължително е да се отбележи, че въпреки опитите да се обективизира с изследвания, качеството на зрението е индивидуално усещане за всеки пациент. Някои от най-ключовите фактори, от които зависи са:

1.7.1. Подобряване на зрителната острота: Основната цел на операцията на катаракта е да се подобри зрителната острота чрез отстраняване на помътената човешка леща и подобряване на качеството на образа достигащ до ретината. За тази цел се имплантира вътречна леща (ВОЛ) с предварително изчислен диоптър [102].

1.7.2. Рефрактивни резултати: Постигането на отлични рефракционни резултати е от основно значение за доброто качество на зрението след операция на катаракта. Хирурзите се стремят да минимизират остатъчните рефракционни грешки, като късогледство, далекогледство и астигматизъм, чрез точна предоперативна биометрия, изчисляване на мощността и правилен подбор на вида на ВОЛ [111], aberометрия, набор от допълнителни изследвания и хирургична техника [112].

1.7.3. Зрителна функция: Освен зрителната острота, качеството на зрението се влияе от различни аспекти на зрителната функция, включително контрастна чувствителност, наличие на дисфотопсии [94], цветно зрение и възприятие за дълбочина. Операцията на катаракта може да подобри всеки от тези аспекти на зрителната функция, особено при пациенти със значителни зрителни нарушения, поради напреднала катаракта [112].

1.7.4. Дългосрочна стабилност: Оценката на дългосрочната стабилност на ясен ретинален образ и качеството на зрението след операция е от важно значение за оценка на цялостното качество на зрението в дългосрочен аспект. Проучванията показват, че зрителната острота и нивата на удовлетворение често остават стабилни или се подобряват във времето след операцията, особено с прилагането на нови видове ВОЛ и хирургични техники [113].

1.7.5. Удовлетвореност на пациента: Удовлетворението на пациентите от резултатите от операцията на катаракта е критична мярка за качеството на зрението [112]. Факторите, влияещи върху удовлетвореността на пациента, включват визуални резултати, комфорт по време на процедурата, продължителност на възстановяване и следоперативна зрителна рехабилитация. Високите нива на удовлетвореност на пациентите са свързани с подобро качество на живот и качество на зрението [114] [115].

1.7.6. Усложнения и странични ефекти: В днешно време операцията на катаракта е безопасна и ефективна процедура, с малка честота на усложненията и странични ефекти. Въпреки това те могат да повлияят на качеството на зрението когато настъпят след операция. Те могат да включват следоперативно възпаление, вторична катаракта и постоперативни рефракционни изненади [14]. Лечението и корекцията на тези усложнения допринасят за добър постоперативен резултат.

1.7.7. Фактори влияещи върху образа в ретината и качеството на зрението

1.7.7.1. **Рефракционна грешка** - Остатъчната рефракционна грешка, включително миопия, далекогледство и астигматизъм, може значително да повлияе на качеството на зрението след операция на катаракта. Всяка промяна в рефракцията повече от $\pm 1,0$ сфера или цилиндър води до получаване на неясен образ върху ретината и невъзможност за сливане на двата образа в мозъка и в следствие на това неясна картина. Постигането на оптимални рефракционни резултати чрез точна предоперативна биометрия и изчисляване на мощността на ВОЛ е от съществено значение за минимизиране на подобни грешки и постигане на ясен образ в ретината [113] [115].

1.7.7.2. **Избор на ВОЛ** - Изборът на вътреочна леща (ВОЛ) може да повлияе на качеството на зрението, постоперативните резултати и удовлетвореността на пациента. Новите ВОЛ, мултифокални, торични и лещи с удължена дълбочина на фокуса, предлагат възможности за подобряване на качеството на зрението на различни разстояния след оперативното лечение [92] [112].

1.7.7.2.1. Предоперативни фактори влияещи върху избора на ВОЛ

1.7.7.2.1.1. **Слъзен филм** - фактор с доказана важност за добрата зрителна острота при артефакични пациенти. Голяма част от офталмолозите по света изследват обстойно стабилността на слъзния филм при пациенти желаещи мултифокални ВОЛ и третират състояния водещи до сухо око преди изчисление и имплантация на такива лещи.

1.7.7.2.1.2. **Големина на зеницата** – много важен фактор, който има голямо влияние върху яснотата на образа е големината на зеницата. Изследвания са доказали, че пациенти с по-широка зеница имплантирани с дифрактивни лещи имат повече оплаквания от хало и глеър.

1.7.7.2.1.3. Наличие на предшестваща рефрактивна аномалия или лазерна корекция - пациенти с изразени миопия, хиперметропия и астигматизъм не винаги са показани за имплантиране на всяка ВОЛ. Очният статус на пациента и неговите очаквания трябва да бъдат съобразени с възможностите на хирургията.

1.7.7.3. **Хирургична техника** Различни хирургични фактори, като размер на разреза, диаметър на капсулорексиса, центриране на ВОЛ и ефективна позиция на лещата (ELP) могат да повлияят на зрителните резултати и постоперативното качество на зрението. Умелата хирургическа техника и опитността на хирурга са от съществено значение за оптимизиране на зрителната острота и минимизиране на рисковете [114] [1].

1.7.7.4. **Контрастна чувствителност** се отнася до способността на зрителната система да прави разлика между фините светли и тъмни области на изображение, независимо от зрителната острота. След операция на катаракта често се наблюдават подобрения в контрастната чувствителност, което допринася за подобряване на зрителната функция и общото качество на живот на пациентите. Тя е важен аспект на зрителната функция, която може да бъде значително

повлияна от катаракта и подобрена след операция на катаракта. Разбирането на факторите, влияещи върху резултатите от контрастната чувствителност е от съществено значение за оптимизиране на зрителната рехабилитация и подобряване на цялостното качество на зрението.

Проучванията показват, че операцията на катаракта води до значителни подобрения в контрастната чувствителност, често възстановявайки я до нива, близки с тези преди помътняването на лещата. Няколко фактора могат да повлияят на резултатите от контрастната чувствителност - избор на ВОЛ, хирургична техника и наличие на съществуващи очни заболявания като дегенерация на макулата или глаукома. В литературата са описани множество случаи когато изборът на вътреочна леща може да повлияе на резултатите от контрастната чувствителност. Някои проучвания показват, че мултифокални ВОЛ компрометират контрастната чувствителност в по-голяма степен в сравнение с монофокалните, особено при условия на слаба светлина или при отблясъци [116].

Тестването на контрастната чувствителност се извършва с помощта на специализирани диаграми или компютъризирани апарати, които представят обекти с различни нива на контраст. Оценяването на контрастната чувствителност предоставя ценна информация за функционалното въздействие на катарактата, качеството на зрението и ефективността на хирургичните интервенции.

Тестването на контрастната чувствителност след операция дава по-добра представа за зрителната функция и качеството на живот на пациентите. Оценяването на контрастната чувствителност и зрителната острота осигурява по-цялостно разбиране на зрителните характеристики [117].

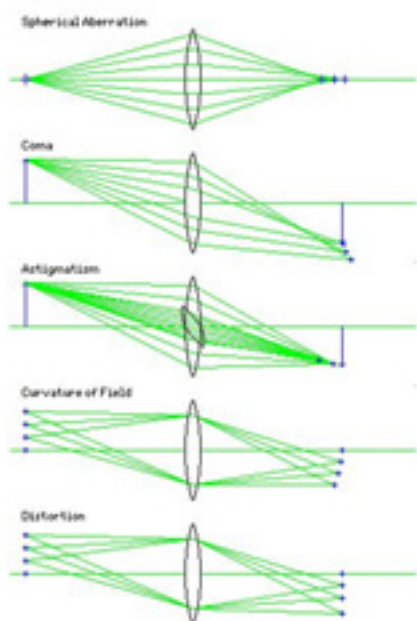
1.7.7.5. Аберации на роговицата Аберация е свойството на оптична система да разпръсква част от светлината преминаваща през нея вместо да я фокусира в една точка. Тя представлява недостатък на оптична система, при който се получават неточности в образа. Дефектите се дължат на някои явления и геометрични особености при преминаване на светлината през оптичната система. Аберациите на роговицата могат да повлияят на качеството на зрението и контрастната чувствителност. Стратегии като персонализиран избор на IOL и лазерно лечение имат за цел да минимизират аберациите на роговицата и да оптимизират визуалните резултати [117].

1.7.7.5.1. Класификация на аберациите

1.7.7.5.1.1. Wavefront подход към аберациите

1.7.7.5.1.1.1. Нисък ред – към този вид аберации спадат миопия, хиперметропия и прост астигматизъм, освен тях в тази група се причисляват и аберациите от първи ред като призми и piston. За тях се смята че нямат особено влияние върху образа [118]

1.7.7.5.1.1.2. Висок ред – наречени още Seidel аберации се наблюдават в оптични системи с монохроматична светлина. Те са пет основни - сферична аберация, кома, астигматизъм,



дисторсия и изкривяване на полето. През последните години към тях се включва и трефойл аберацията. Установено е че при пациенти имплантирани с ВОЛ тези аберации дават най-голям отражение върху яснотата на образа [119].

Класифицирането на аберациите като монохроматични или хроматични такива се основава на това какъв тип светлина пречупват лещите.

1.7.7.5.2. Монохроматични – към този тип спадат гореспоменатите Seidel аберации от трети ред - сферична аберация, кома, астигматизъм, дисторсия и изкривяване на полето [120]. През последните години дефокусът също се включва в тази група. Пистон и тилт не са истински аберации по своята физична същност, но се разглеждат в тези групи заради промените в образа които са следствие от тях.

1.7.7.5.3. Хроматични аберации представляват нежелана дисперсия на светлината в различни оптични системи, като появата на този вид оптична аберация се дължи на различната степен на пречупване на оптичното стъкло за различните дължини на вълната от видимия спектър [119]. Така например показателят на пречупване за сините лъчи е по-голям от този за червените, затова техният фокус е по-близо до главната плоскост на системата, отколкото при червените, или с други думи съществува не един фокус, а съвкупност от фокусни разстояния за лъчите от различните цветове.[121]

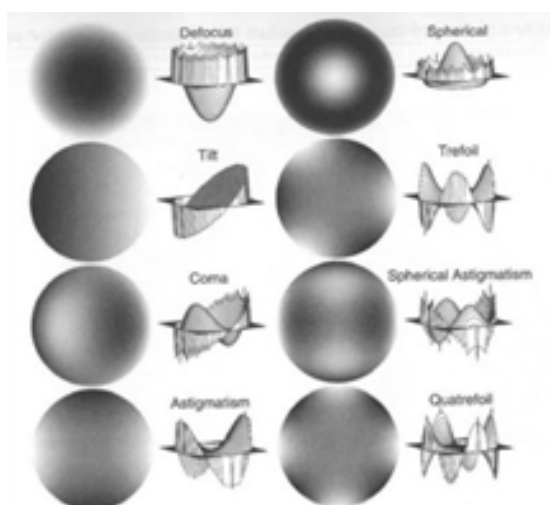
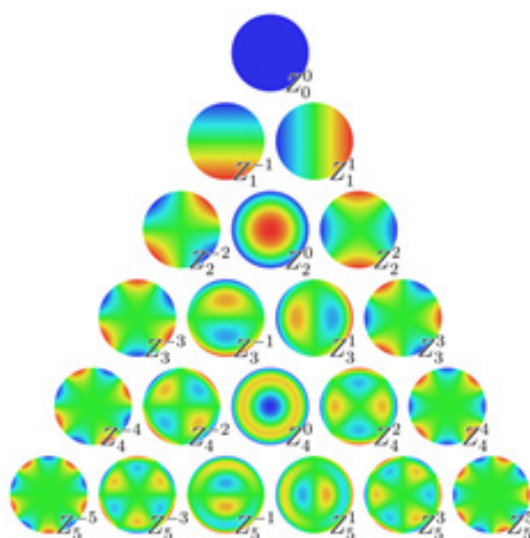
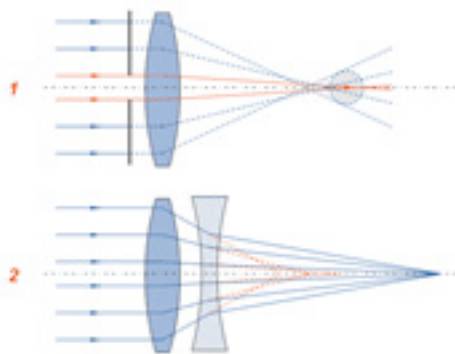


Fig. 4.7. Wavefront errors corresponding to the main aberrations.



Начин на образуване и промени в образа – аберация във физиката се определя като оптичен недостатък на лещи и обективи, който създава размит образ. Причината за това е разликата в степента на пречупване на светлината в края и в средата на лещата. Фокусните разстояния не са еднакви за различните части и успореден сноп лъчи не може да бъде фокусиран в една точка.



- 1.7.7.5.4. **Сферична аберация** – причинена от непараксиалните (широки) снопове лъчи. Ако пречупващите или отразяващите повърхнини са сферични, различните им части пречупват под различен ъгъл. Параксиалните лъчи се събират в една точка, но за непараксиалните снопове по-отдалечените лъчи се пречупват по-силно и се срещат по-близо. Ако поставим плосък екран напречно на оптичната ос, вместо точка, образът ще представлява размито кръгло петно. Като цяло образът на точката, разглеждана като малко кълбо, ще бъде разтегнат ротационен елипсоид [122].
- 1.7.7.5.5. **Хроматична аберация** – обикновено различните по дължина на вълната електромагнитни вълни (различни цветове) имат различен показател на пречупване (макар разликата да е във втория или третия знак след десетичната точка). Това обуславя различна оптична сила на лещите и съответно различни фокусни разстояния за различните дължини на вълните. Върху екран, поставен на определено място, се получава един от цветовете с цветни кръгове около него. Поради различните зависимости на показателя на пречупване от λ за различните вещества (видове стъкла), с подбиране на различни комбинации е възможно да се компенсира хроматичната аберация [117]. При тънки лещи се постига съвпадане на фокусите за две или три дължини на вълните и съответно еднакви увеличения. При дебилите лещи съвпадането на фокусите още не означава еднакви увеличения, защото положението на главните равнини също е различно.
- 1.7.7.5.6. **Кома** (от сноп коси, аналогично на комета) – получава се при обект, отдалечен от оптичната ос. В този случай осевата симетрия на системата в значителна степен е без значение за образа и различните части на лещата дават образи на различно разстояние по оста. Получава се петно с формата на комета. Комата е по-сложна проява на сферичната аберация [123].
- 1.7.7.5.7. **Изкривяване равнината на образа** – причинява се от големите ъгли, които сключват крайните лъчи с оптичната ос – вместо в една равнина образът се получава в по-сложна пространствена повърхнина [119]

- 1.7.7.5.8. **Дисторсия** – увеличението на оптичната система в равнината на образа се мени с отдалечаване от центъра (от оптичната ос). Затова се променя и мащабът на образа в различните части: образът на мрежа се изкривява като възглавница или като бъчва [119].
- 1.7.7.5.9. **Клинично значими аберации** – от гореспоменатите аберации проучвания установяват, че най-значими за зрителната острота са сферичните и хроматични аберации [53].
- 1.7.7.5.10. **Компенсаторни възможности на окото** – Във факичното човешко око доминиращите аберации са обикновено от нисък ред – сфероцилиндрични – миопия, хиперметропия и астигматизъм. Аберациите от по-висок ред са сравнително малък компонент, представляващ около 10% от общите аберации на окото. Тези от висок порядък се увеличават с възрастта, а между дясното и лявото око съществува огледална симетрия. Няколко проучвания съобщават за компенсиране на аберациите на роговицата чрез тези на човешката леща. Сферичните аберации на роговицата обикновено са положителни такива, докато лещата проявява отрицателни сферични аберации [122]. Освен това има сериозни доказателства за компенсация на аберациите между роговицата и вътреочната леща в случаи на астигматизъм (прав /обратен) и хоризонтална кома [124]. Балансът на аберациите между роговицата и лещата е типичен пример за създаване на две свързващи оптични системи. Приспособителният отговор на окото води до промени във формата на лещата и значително влияе на модела на аберациите. Повечето очи показват при изследвания положителни сферични аберации, когато окото не акомодира, а при включване на акомодацията се изместват към отрицателни такива [125].
- 1.7.7.5.11. Изследване на аберации представлява обективна оценка на формата и кривината на роговицата. Обективните методи за оценка на аберациите на роговицата са топография и аберометрия [126]. Топографията на роговицата измерва кривината на повърхността на роговицата и предоставя подробни карти на формата ѝ. По този начин може да се идентифицират различни аномалии като астигматизъм и кератоконус. Аберометрията на вълновия фронт (АВФ) оценява цялата оптична система на окото, включително аберациите на роговицата, аберациите на лещата и дава цялостна оценка за въздействието им върху качеството на зрението [117].
- 1.7.7.5.12. **Топография на роговицата:** Апаратите за топография на роговицата използват техники, най-често базирани на Placido дисци или изображения на Scheimpflug за създаване на карти на повърхността на роговицата [53]. Тези карти показват стойности на различните кривини, данни за височина на различните меридиани и индекси на отклонение от среднестатистическата норма, които помагат при диагностициране на промени и заболявания на роговицата, планиране на рефрактивна хирургия и напасване на контактните лещи.
- 1.7.7.5.13. **Аберометрия на вълновия фронт-Wavefront:** Аберометрията на вълновия фронт измерва оптичните аберации на окото чрез анализиране на отклонението на светлинните лъчи, когато преминават

през оптичната система. Сензорите Wavefront откриват aberации, предизвикани както от роговицата, така и от вътрешните очни структури, представяйки цялостна оценка на общите очни aberации. Wavefront-насочените лазерни корекции имат за цел да коригират тези aberации, като по този начин подобряват качеството на зрението и намаляват симптоми като отблясъци и ореоли [53].

1.7.7.5.14. **Клинични приложения:** Тестването за aberация на роговицата има няколко клинични приложения, включително предоперативна оценка за рефрактивна хирургия, оценка на роговицата при заболявания като кератоконус и наблюдение на промените във формата на роговицата с течение на времето. Използва се и при оценката на поставянето на контактни лещи и подпомага индивидуализирането на избора на вътреочни лещи за операция на катаракта.

1.7.7.6. **Очна патология:** Съществуващи очни заболявания, като заболявания на роговицата, свързана с възрастта макулна дегенерация (МДСВ), диабетна ретинопатия и глаукома, които засягат зрителната функция и влошават резултатите от операцията на катаракта. Цялостната предоперативна оценка и лечението на съпътстваща очна патология са от съществено значение за оптимизиране на зрителните резултати.

1.7.7.6.1. Патология на роговицата

1.7.7.6.1.1. Роговични дистрофии: Корнеалните дистрофии представляват група от наследствени заболявания, характеризиращи се с необичайно отлагане на вещества в роговицата. Състояния като ендотелна дистрофия на Fuchs, решетъчна дистрофия и дистрофия тип tar-dot-fingerprint могат да причинят оток на роговицата, неправилен астигматизъм и намалена зрителна острота, което води до влошено качество на зрението след операция за катаракта [11].

1.7.7.6.1.2. Кератоконус: Кератоконусът е прогресивно заболяване на роговицата, характеризиращо се с изтъняване и промяна в нейната кривина, което води до неправилен астигматизъм, поява на цикатрикси и влошаване на качеството на зрението на пациентите. Пациентите с кератоконус представляват предизвикателство при изчисляването на ВОЛ и прогнозирането на постоперативните резултати [11].

1.7.7.6.1.3. Цикатрикси на роговицата: Те могат да бъдат резултат от травма, инфекции, възпалителни състояния и други [11]. Цикатриксът променя структурата на роговицата, което води до поява на неправилен астигматизъм, намалена контрастна чувствителност и нарушена зрителна острота. Предоперативната оценка е от съществено значение за прогнозиране на хирургичните резултати и следоперативните усложнения.

- 1.7.7.6.1.4. Дегенерации на роговицата: Дегенерации на роговицата, като нодуларна дегенерация на Salzmann и маргинална дегенерация на Terrien, могат да повлияят на кривината и прозрачността на роговицата, което води до неправилен астигматизъм и смущения в качеството на образа. Тези състояния налагат внимателна предоперативна оценка и хирургично планиране за оптимизиране на качеството на образа след операция.
- 1.7.7.6.1.5. Кератити: Инфекциозните заболявания на роговицата, като микробен кератит и херпетичен кератит, бактериален или вирусен кератит могат да причинят цикатрикси, неоваскуларизация и изтъняване на роговицата, което води до компрометирана зрителна функция. Пациенти с анамнеза за прекаран кератит изискват внимателно наблюдение, профилактични мерки за предотвратяване на рецидив и минимизиране на риска от усложнения по време и след операция на катаракта [127].
- 1.7.7.6.1.6. Ектатични нарушения на роговицата: Ектатични разстройства като пелуцидна маргинална дегенерация и ектазия след рефрактивна хирургия могат да доведат до изтъняване на роговицата, поява на неправилен астигматизъм и нарушение в зрението. Пациентите с ектатични разстройства представляват предизвикателство при изчисляването на ВОЛ, предвиждането на стабилността на роговицата и рефракционния резултат и качеството на ретиналния образ след операция на катаракта [128].
- 1.7.7.6.1.7. Кератопластика: Пациенти претърпели трансплантация на роговица, включително проникваща кератопластика (РКР) или ендотелна кератопластика (ЕК) винаги имат неправилен астигматизъм, проблеми с яснотата на интерфейса присадка-гостоприемник и плътността на ендотелните клетки, което прави оперативното лечение на катаракта и качеството на зрението след нея трудни за предвиждане [127].
- 1.7.7.6.1.8. Патология на ретината и в частност патология на макулата
Болестите на ретината могат значително да повлияят на резултатите от операцията на катаракта. От решаващо значение е изследването на очното дъно и установяване на всички основни заболявания на ретината на всеки пациент преди операцията, тъй като те могат да повлияят на качеството на ретиналния образ и зрението след операцията. Тук са представени най-често срещаните заболявания на ретината, които могат да повлияят на резултатите от операцията на катаракта:
- 1.7.7.6.2. Диабетна ретинопатия: Диабетната ретинопатия е усложнение на диабета, което засяга малките кръвоносни съдове в ретината и води до исхемия, неоваскуларизация, в тежки случаи хемофтальм и отлепване

на ретината. Може да причини влошаване на качеството на зрението или загубата му, ако не се лекува и наблюдава правилно. Диабетният оток на макулата (DMO) може да се влоши след операция на катаракта, което води до влошена зрителна острота и качество на зрението след операция за катаракта [129].

Често се препоръчва стабилизиране на диабетната ретинопатия с лазерна фотокоагулация или интравитреални инжекции с антирастежни фактори преди пристъпване към операция на катаракта. Визуалните резултати след операция на катаракта при пациенти с диабетна ретинопатия зависят от предоперативен статус на ретината, тежестта, състоянието на макулата. При успешна операция на катаракта, основното увреждане на ретината може да ограничи степента на подобряване на зрението и да влоши качеството на ретиналния образ.

- 1.7.7.6.3. Свързана с възрастта макулна дегенерация (МДСВ): Представява водеща причина за влошаване и загуба на зрение при по-възрастни хора. Тя е хронично, прогресивно заболяване, което засяга основно макулата.
- 1.7.7.6.4. Тракционна патология на макулата - епиретинална мембрана, макулна дупка, централна серозна ретинопатия [130] може да доведе до намаление на зрителната острота, както непосредствено след операцията, така и в ранния постоперативен период.
- 1.7.7.6.5. Заболявания на ретината - отлепване на ретината, пигментен ретинит [131] и други са основен фактор за добрата зрителна функция след оперативното лечение и не винаги могат да бъдат диагностицирани, особено при наличие на напреднала катаракта.
- 1.7.7.6.6. Увеит: Операцията на катаракта при пациенти с увеит изисква специално внимание поради повишения риск от усложнения както по време, така и след операцията. Активният увеит трябва да се контролира преди операция на катаракта, за да се намали рискът от постоперативни усложнения. Възпалението трябва да бъде в ремисия най-малко 3 месеца преди операция на катаракта, за да се намали рискът от постоперативни усложнения [132].

Предоперативна подготовка с кортикостероиди (локални, периокуларни или системни) е необходима за потискане на възпалението [133]. Нестероидните противовъзпалителни средства (НСПВС) се използват предоперативно за намаляване на риска от кистоиден макулен едем (СМЕ). В идеалния случай се предпочита сгъваема акрилна ВОЛ [134], тъй като има по-малък потенциал да предизвика възпаление в сравнение със силиконовите ВОЛ. Обикновено се избират монофокални лещи, тъй като мултифокалните ВОЛ могат да влошат възможните зрителни смущения, ако възникне оток на макулата. Факоемулсификацията е предпочитаният метод за екстракция на катаракта поради минимално инвазивния си характер и по-бързото възстановяване [135]. Хирургическата травма трябва да бъде сведена до минимум и ултразвуковата енергия по време на

факоемулсификацията да е минимална, за да се предотврати възможен рецидив.

1.7.7.7. Вторична катаракта

Помътняването на задната капсула е едно от най-често срещаните усложнение след операция на катаракта, което може да влоши качеството на зрението, като причини отблясъци, ореоли и намалена контрастна чувствителност и зрение. Техники като капсулотомия чрез YAG лазер и модификации на дизайна на IOL имат за цел да намалят честотата и да подобрят дългосрочните зрителни резултати [14].

В заключение може да се каже, че пациенти с предшестващи заболявания на ретината трябва да се подложат на цялостна офталмологична оценка преди операция на катаракта. Разбирането на потенциалното въздействие на различни налични очни заболявания върху резултатите от операцията позволява по-добро консултиране на пациентите, управление и индивидуализиране на лечението за оптимизиране на качеството на ретиналния образ след оперативно лечение.

1.7.8. Невроадаптация

Невроадаптацията след операция на катаракта с различни видове ВОЛ е процес на приспособяване на мозъка към новите оптични условия, създадени от лещата.

Мултифокалните ВОЛ разделят светлината в различни фокусни точки, за да осигурят ясно виждане на различни разстояния – близо, средно и далеч. Мозъкът обаче се нуждае от време, за да се адаптира към тези множество фокални равнини, особено по отношение на обработката на визуална информация при различни условия на осветление и справяне с оптични aberации като ореоли или отблясъци [136].

Този период на адаптация може да продължи от няколко седмици до няколко месеца, през това време мозъкът постепенно се научава да филтрира нежелана визуална информация (като ореоли или замъглени изображения). По-младите пациенти или тези с по-добра неврална пластичност са склонни да се адаптират по-бързо. Обратно, при пациенти с предишни зрителни увреждания или неврологични заболявания адаптацията може да бъде предизвикателство.

Невроадаптацията е ключов процес след имплантирането на мултифокални вътреочни лещи. За разлика от монофокалните ВОЛ, които осигуряват единична фокусна точка, мултифокалните ВОЛ разпределят светлина върху няколко фокусни точки, за да позволят виждане на различни разстояния – близо, междинно и далеч. Този тип оптика изисква мозъкът да се приспособи към нов начин на пречупване и възприемане на светлината, феномен, известен като невроадаптация описан от Ли Цанг и съавтори [109].

Механизми на невроадаптация

След имплантиране на мултифокална ВОЛ, мозъкът трябва да се научи да различава и обработва различни фокусни точки, създадени от ВОЛ, особено при различни условия на осветление. Този процес включва кортикална адаптация на зрителния кортекс, където мозъкът селективно подобрява полезна визуална информация (напр. ясни изображения в желана фокусна точка) и потиска зрителните смущения, като ореоли, отблясъци. Радковсая описва този феномен в своето ревю на невроадаптация към мултифокални лещи [137]. Тези смущения са често срещани в ранния следоперативен период поради оптичния дизайн на различните ВОЛ.

Невроадаптацията обикновено настъпва в продължение на седмици до месеци, като повечето пациенти изпитват постепенно подобрение на качеството на зрението. По-младите индивиди или тези с висока нервна пластичност често се адаптират по-бързо. Въпреки това, пациенти с предшестващи очни заболявания, като дегенерация на макулата или амблиопия, или тези с предишни рефракционни операции, може да имат по-дълъг или предизвикателен период на адаптация. Проучванията показват, че невроадаптацията е ключова за постигане на висока удовлетвореност на пациентите и функционално зрение след операцията.

Разбирането на невроадаптацията е от съществено значение за клиницистите, когато консултират пациентите преди операцията. Задаването на реалистични очаквания относно времето, необходимо за адаптация, потенциала за ранни зрителни смущения и вероятността от подобрение може значително да повлияе на удовлетвореността на пациента. Продължаващите изследвания за оптимизиране на мултифокалните дизайни на ВОЛ и намаляване на времето за невроадаптация са поле за развитие в хирургия на катаракта с висококачествени лещи.

1.8 Заключение от литературния обзор

В заключение от литературния обзор, анализът на качеството на ретиналния образ и зрението след операция на катаракта изискват комплексен подход, който отчита множество фактори, включително зрителна острота, възможност за рефракционни грешки, контрастна чувствителност, наличие на аберации на роговицата, избор и вид на ВОЛ, хирургична техника, наличие на очна патология. Индивидуализирането на подхода към всеки отделен случай и пациент и систематичното изследване на тези фактори позволява да се оптимизират зрителните резултати и да се подобри цялостното качество на зрението при пациенти, подложени на операция на катаракта. От направения литературен обзор се заключава, че още не е решен в пълнота въпроса за това кои фактори влияят най-много върху постоперативното качество на зрението. Няма единодушно мнение сред авторите какви показатели насочват, кои очи са подходящи за кой вид лещи, за постигане на оптимално качество на ретиналния образ след оперативното лечение.

2. ВТОРА ГЛАВА: 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 дисфотопсии 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. ТРЕТА ГЛАВА: МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА:

3.1. Методика

3.1.1. Инструментариум

3.1.1.1. Методи и апаратура за изследване на роговични aberации

Аберация е свойството на оптична система да разпръсква част от светлината преминаваща през нея вместо да я фокусира в една точка. Дефектите се дължат на геометрични особености от преминаване на светлината през дадена оптичната система. 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 по-висок порядък, като сферични аберации, кома, имат по-голямо влияние върху качеството на зрението [138].

Офталмологията през последното десетилетие започна да се фокусира повече върху качеството на зрението отколкото върху визуса. При операцията на катаракта изборът на подходяща ВОЛ е от голямо значение за качеството на образа постоперативно. Изследването и разбирането на аберациите на роговицата подпомага хирурга при избора на ВОЛ, с оглед компенсирани или коригирани 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]. Изучаването на аберациите на роговицата допринася за по-задълбоченото разбиране как функционира диоптричния апарат на окото и как различните фактори влияят на качеството на зрението.

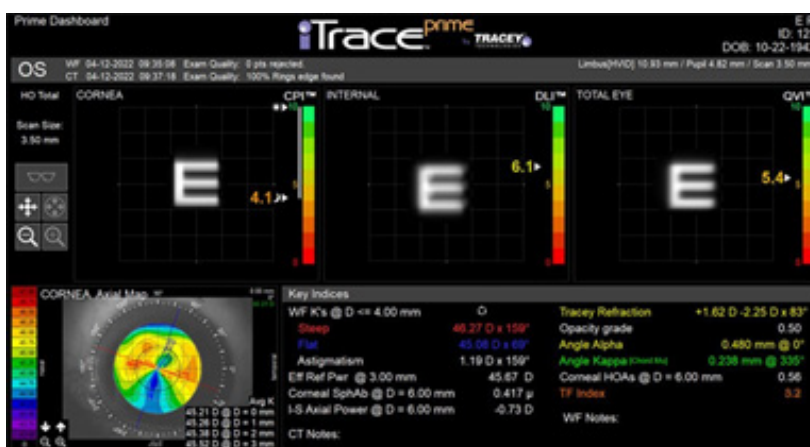
Изследването на роговичните аберации извършено с апарат - i-Trace на компанията Tracey Technologies. iTrace е аберометър който извършва както WAVE FRONT аберометрия, така и топография на роговицата. След улавяне на тези две отделни измервания с ray tracing и Placido дискове технология, iTrace извършва 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.



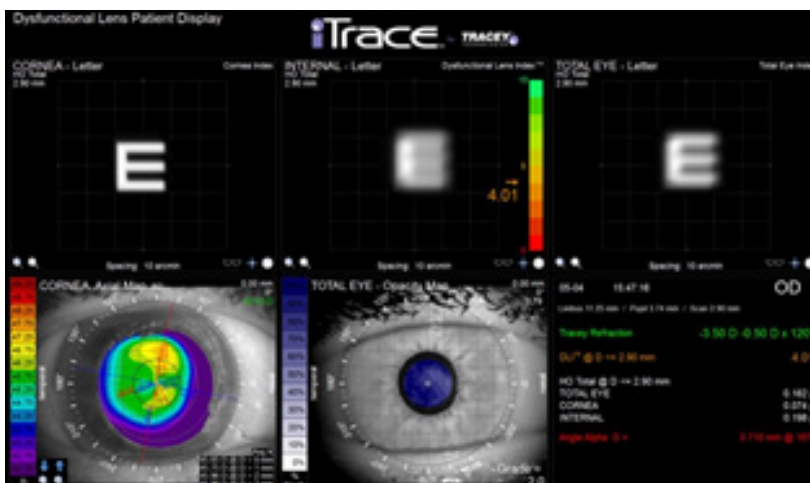
3.1.1.1.1. **Snellen Letter графика** представена от апарата показва общо наличните aberации или само тези от висок порядък като позволява обективно определяне на зрителния дискомфорт и качеството на зрението на пациента. Изкривената диаграма на RSD също насочва към наличието на множество aberации в 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 aberациите в полиноми на Зернике, които са най-разпространени в литературата [120] за да анализира специфични aberации като кома, трефойл, сферична aberация и други.



3.1.1.1.6. Клинични приложения

Планиране и оценка на рефрактивната хирургия – използвана е програмата за оценка на зрителната функция и състояние на роговицата преди LASIK, PRK или други рефрактивни операции, идентифицирайки неправилен астигматизъм и aberации от висок порядък [143], които могат да повлияят на хирургичните резултати. Постоперативно е приложена при оценката на хирургичните резултати и качество на ретиналния образ, както и диагностицирането на причините за неоптимални зрителни резултати.

Оценката на комплексни зрителни оплаквания подпомага за изясняване на причината за необясними зрителни смущения или лошо качество на зрението въпреки нормалната зрителна острота, като се изследват и взимат под внимание дисфотопсии причинени от налични корнеални aberации или големи отклонения в ъгъл алфа и капа [126].

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 пердоперативно 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.

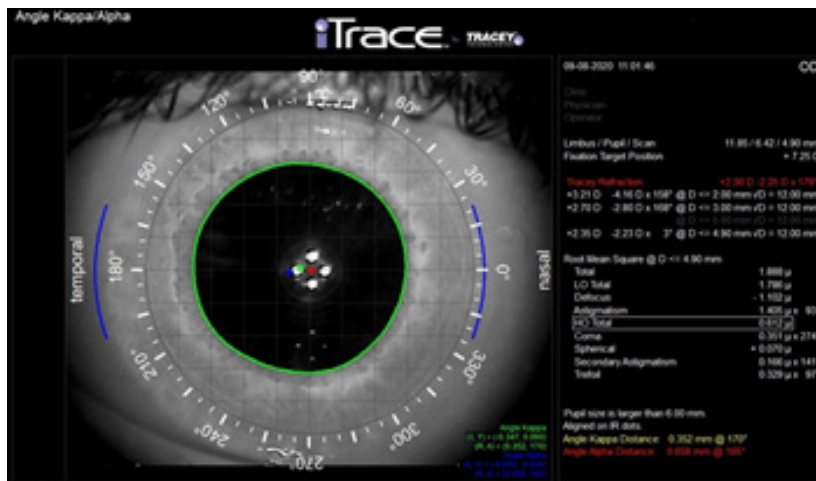
Тестът за контрастна чувствителност е решаващ компонент от оценката на качеството на зрението, който оценява способността на зрителната система да прави разлика между различните нива на яркост (контраст) между обект и неговият фон. Този компонент от зрението отразява зрителната способност в реалния свят, 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 Tracey 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 технологията ОСТ (SS-ОСТ) 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-заднен размер на лещата за прогнозиране на ефективната позиция на ВОЛ.

IOL Master 700 дава информация и за централна дебелина на роговицата, която е важна за диагностика и предоперативна оценка. Разстояние бяло до бяло представлява хоризонтално измерване на диаметъра на роговицата, което помага при изчисляването на определени видове ВОЛ, особено - торични [146].



IOLMaster 700 е уникален поради своята SS-ОСТ технология, която предлага подобрена точност при измерване на аксиална дължина, особено при очи с плътни катаракти. Апаратът осигурява визуализация на фовеята чрез ОСТ технология, като гарантира, че измерването на аксиалната дължина е центрирано и подравнено правилно. Особено ценно е измерването на задната кривина на роговицата, което подобрява точността на торичните изчисления на IOL и подпомага за прогнозиране на остатъчния астигматизъм и насочване към избора на подходяща торична леща.

Биометрични формули: IOLMaster 700 включва множество формули за изчисляване на IOL, включително:

- Barrett Universal II - представлява усъвършенствана формула, с отчитане на позицията на лещата, мощността на роговицата и аксиалната дължина и е ефективна при широк диапазон от очи.

Haigis Formula - доказана във времето като по-точна за очи с необичайна аксиална дължина, включително къси и дълги очи [73].

SRK/T - най-широко използваната формула, особено за нормални очи, която включва аксиална дължина и кератометрия за прогнозиране на мощността на ВОЛ [74].

Holladay 2 - включваща множество параметри, включително аксиална дължина, кератометрия, ACD и специфични за пациента фактори.

3.1.1.6. Изследване на време на разкъсване на слъзен филм е извършено с апарат Antares на фирмата Bon 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].



Височина на меникуса на слъзите като показател за намален обем на слъзата, което може да е признак на дефицит на водния слой.

Тестването на слъзния филм с Antares е от съществено значение за диагностицирането и лечението на болестта на сухото око. Той играе роля в пред и следоперативната оценка за операции като LASIK и катаракта, където стабилността на слъзния филм е от решаващо значение за постигането на добро качество на ретиналния образ след операцията.

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 фако наконечника 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.

Технологията Active Fluidics™ осигурява активно наблюдение и регулира динамиката на течността в окоето по време на операция, за поддържане на стабилно вътреочно налягане (ВОН) [148]. Системата използва балансиран солен разтвор под налягане, за да поддържа зададено очно налягане, като автоматично регулира притока и отичането в реално време, за да предотврати внезапни промени в очното налягане. ВОН се контролира от сензори на фако типа, които следят и реагират на промените по време на операцията. Това елиминира необходимостта от гравитационно захранвани флуидни системи, които разчитат на външни настройки на височината на банката по време на операцията [100].

Параметрите на ултразвуковата енергия се модулират в зависимост от плътността на катарактата. Използван е иригационен разтвор BSS Plus. При всички болни беше имплантирана избраната предоперативно леща в капсулния сак.

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 ECCE, 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 *chor 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 съгъваема 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 слъза 5 пъти дневно. Пациентите бяха проследени постоперативно на 1-ви ден, 2-ра седмица, 3-и и 6-и постоперативен месец.

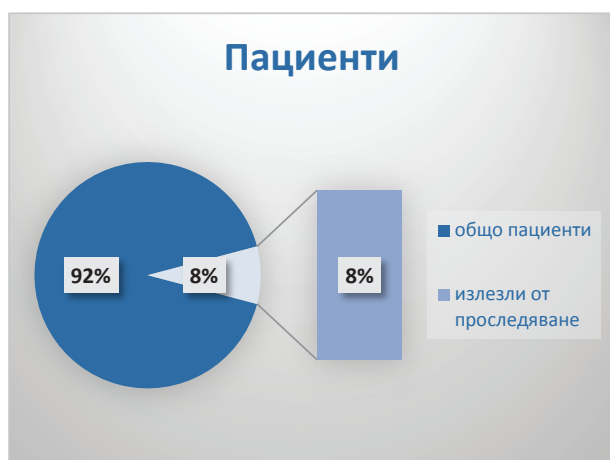
3.3. Материал

3.3.1. Обща характеристика на контингента

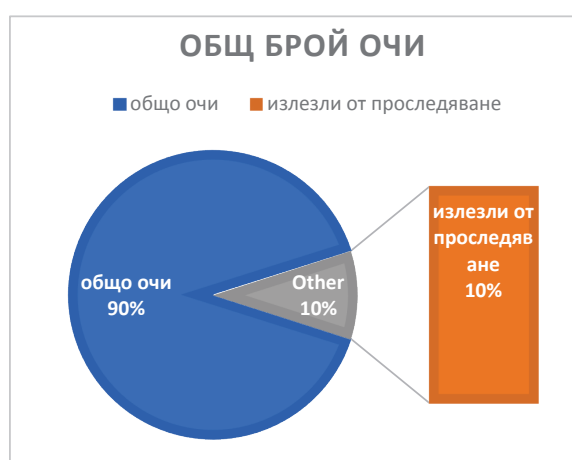
Проспективно кохортно интервенционално проучване е проведено в периода януари 2020 г.- януари 2024г. в СБАЛОБ „Зора”. В проучването са включени общо 224 пациенти (276 очи) пациенти с установена катаракта. От този брой рано излезли от проследяване са 25 пациента (30 очи) представени във фигури 1 и 2.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

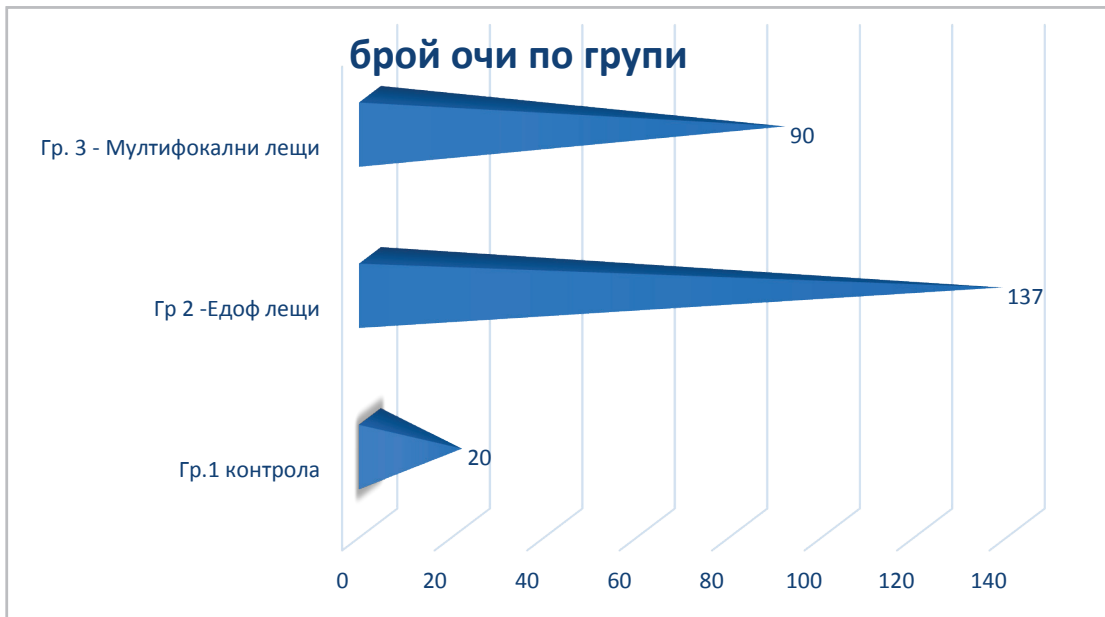
3-а група –пациенти с мултифокални лещи(МФ):

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

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

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

Фиг.3



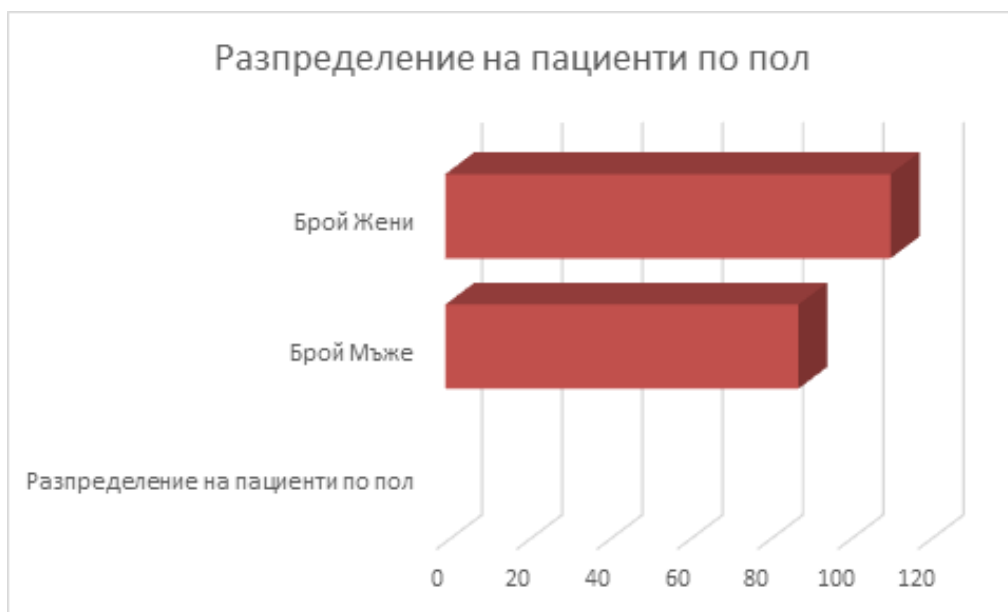
Разпределението на болните по пол беше както следва:

Брой пациенти в общата популация от мъжки пол – 88 пациента (44,2%) и брой пациенти от женски пол -111 пациента (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. Коморбидитет

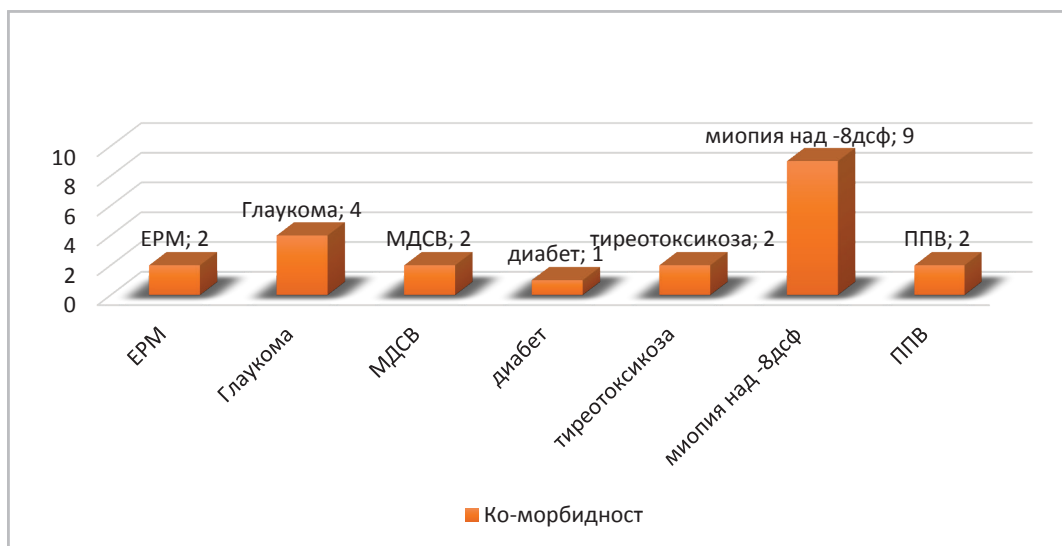
При изследване на контингента се установиха придружаващи заболявания. 22 пациенти (9%) са с обща и/или офталмологична патология - обобщени с таблица 1 и фигура 6.

От общите заболявания при двама пациенти се установи от придружаваща документация тиреотоксикоза, която към момента на проследяването е компенсирани и при един пациент с диабет тип 2, на перорална терапия, без промени от диабета в очното дъно. Офталмологични заболявания бяха установени в 19 очи от популацията. В две очи се установи наличие на епиретинална мембрана – двама пациенти, без влияние на мембраната върху зрителните функции, с компенсирани глаукома бяха установени четири очи – трима пациенти; две очи (двама пациенти) с начална суха форма на макулна дегенерация свързана с възрастта; в девет очи (шест пациента) се установи наличие на високостепенна миопия – над -8 диоптъра, без промени в областта на макулата; при две очи (двама пациенти) има проведена парс плана витректомия преди оперативното лечение за катаракта.

Табл.1

Ко-морбидност	брой очи
ЕРМ	2
Глаукома	4
МДСВ	2
диабет	1
тиреотоксикоза	2
миопия над -8дсф	9
ППВ	2

Фиг.6



3.3.3. Критерии за изключване

- болни с не- и пролиферативна ретинопатия,
- друго заболяване на роговицата, стъкловидното тяло, ретината или хориоидеята, възможно да окаже влияние върху постоперативното качество на зрението според преценката на хирурга
- анамнеза за прекарана стволова или клонова венозна оклузия на същото око
- анамнеза за предхождаща очна травма;
- планирана ЕССЕ или извършване на ФЕ с разширяване на разреза до 5 mm и имплантация на твърда вътреочна леща
- прекаран увеит
- матурирала катаракта, непозволяваща визуализиране на очното дъно и дефиниране състоянието на макулата и периферията на ретината
- болни с некомпенсирани придружаващи заболявания, която има доказано влияние върху постоперативното качество на ретиналния образ

3.3.4. 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.

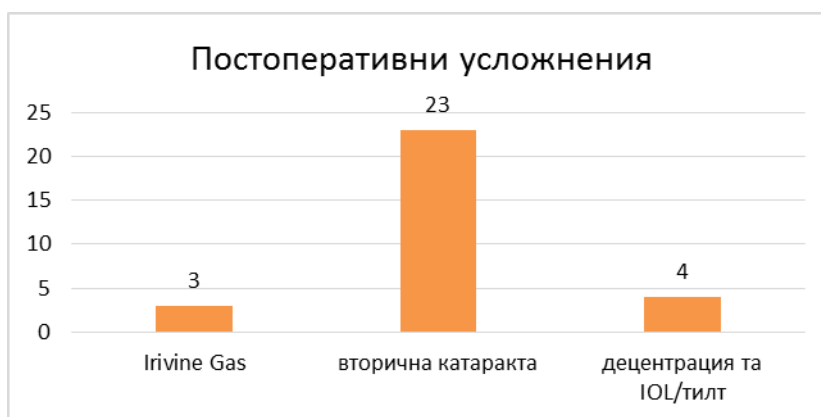
3.3.5. Настъпили постоперативни усложнения

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.

Табл. 2

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

Фиг.7



3.3.6. 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.

Табл. 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.

Табл.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 програмата 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. Подготовка и почистване на данни

Преди извършването на какъвто и да било статистически анализ, данните бяха внимателно подготвени и анонимизирани, като пациенти с липсващи стойности бяха изключени от анализа. Този процес гарантира точността и целостта на данните за последващите анализи.

3.4.1.2. Описателна статистика

Извършен е описателен анализ с помощта на групировки по един или няколко признака, като основните обобщаващи показатели са относителен дял и средна аритметична, както и тяхната динамика и разлика между тестваните групи пациенти. Резултатите са представени таблично и в подходящ графичен вид.

3.4.1.3. 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 категорични 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 p -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 p -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.

3.4.1.4. 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].

Видове T -тестове: три основни типа T -тестове, всеки от които е предназначен за специфични сценарии:

1. T -тест за независими проби (или T -тест за две проби): използва се за сравняване на средните стойности на две независими групи (напр. лечение спрямо контролни групи).
2. T -тест за сдвоени проби (или зависим T -тест) сравнява средните стойности на две свързани групи. Това често се използва в сценарии „преди и след“, където се правят измервания от едни и същи субекти преди и след интервенция.
3. T -тест с една проба - Използва се за определяне дали средната стойност на отделна група е значително различна от известна или хипотетична средна стойност за популацията [154].

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 T -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].

Предимства на U -теста на Ман-Уитни са липсата на нужда от нормално разпределение, ефективен за по-малки размери на извадката, може да се използва за порядъчни, интервални или съотносителни данни.

3.4.1.5. 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. ЧЕТВЪРТА ГЛАВА: 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 aberации, 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 aberации 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 участници 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 един 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.

Двама 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).

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)

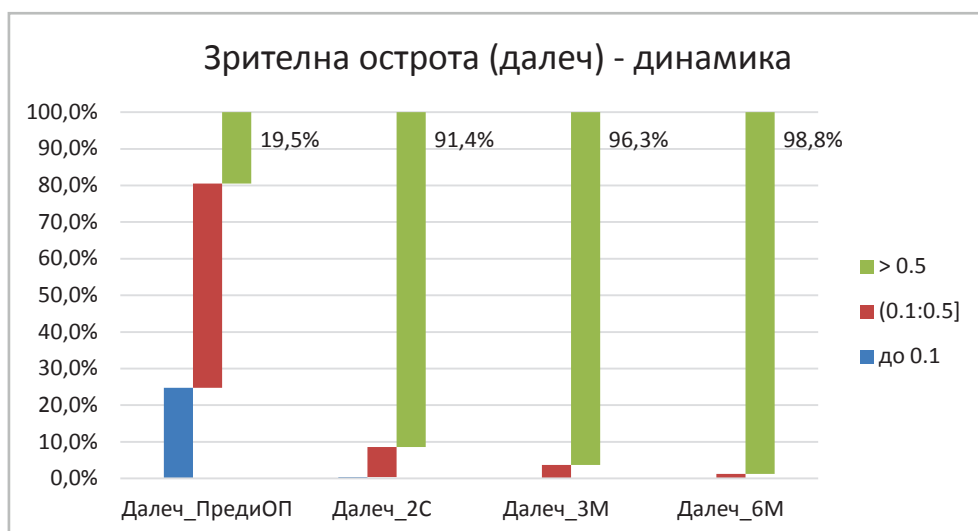
От статистическият анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далеч в цялата популация се установява значимо подобрене на втора седмица, последвано от стабилна тенденция за подобрене към трети и шести месец, при сравнение с изходното ниво. При сравнение на BCDVA от втора седмица към трети и шести 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.

Табл. 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

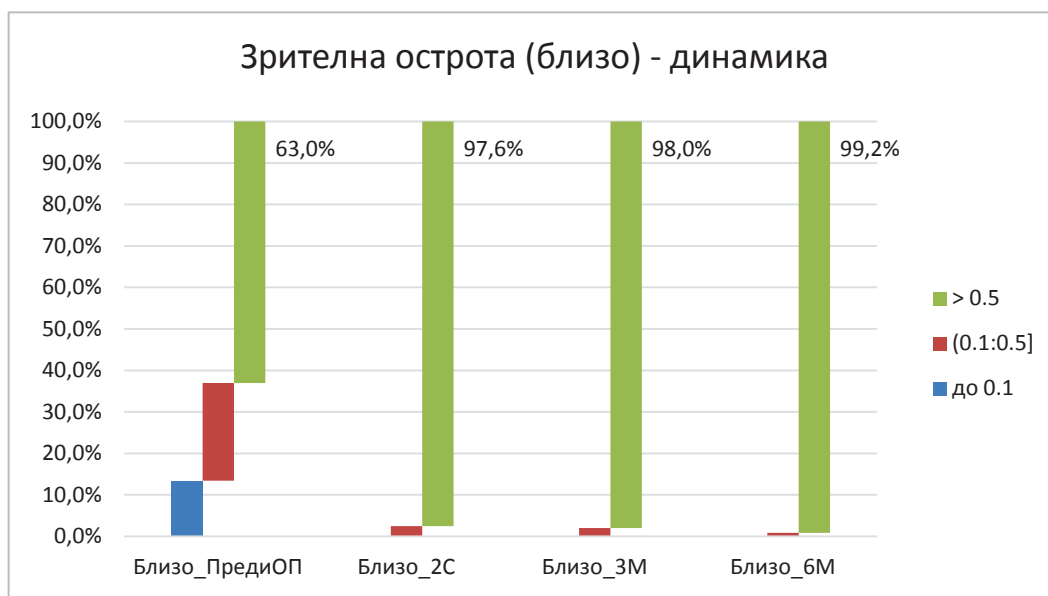
В цялата кохорта средна BCNVA преди оперативното лечение е 0,6, с 11 очи имащи резултат под 0,1. По групи – средната стойност за 1-ва група е 0,57, за 2-ра група 0,53 и за 3-а група 0,71. От статистическият анализ на най-добре коригирана зрителна острота се установява резултат повтарящ този на BCDVA - 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 подобрене. Направеният статистически анализ на Фишер показва значително подобрене от изходните стойности към втора седмица за всички очи включени в проучването.

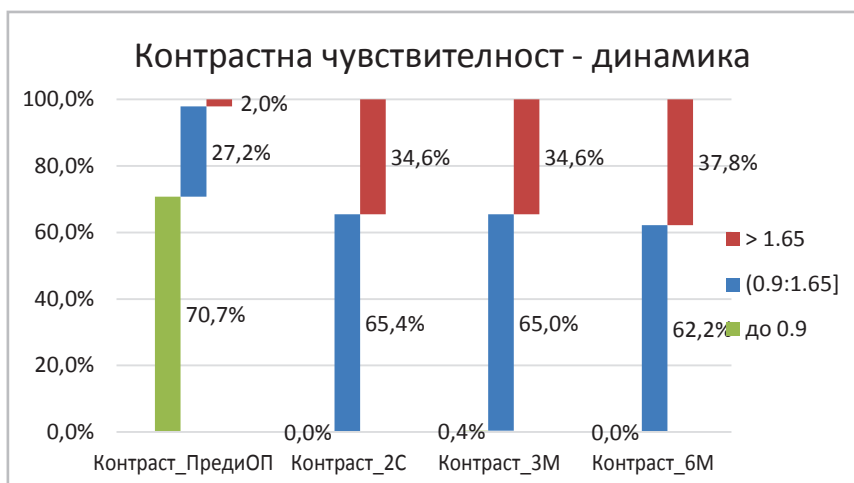
След това нивата се запазват, т.е. няма вторично значимо влошаване. Тази тенденция се запазва и при следващите периоди на проследяване. На таблица 4.3.3. са представени резултати от анализа. Заслужава да се отбележи, че голяма група от изследваните очи остават с КЧ между 0,9-1,65 65% за трети месец и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

Табл. 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 трейфойл [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 iTracе и заложи 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 трейфойл 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.

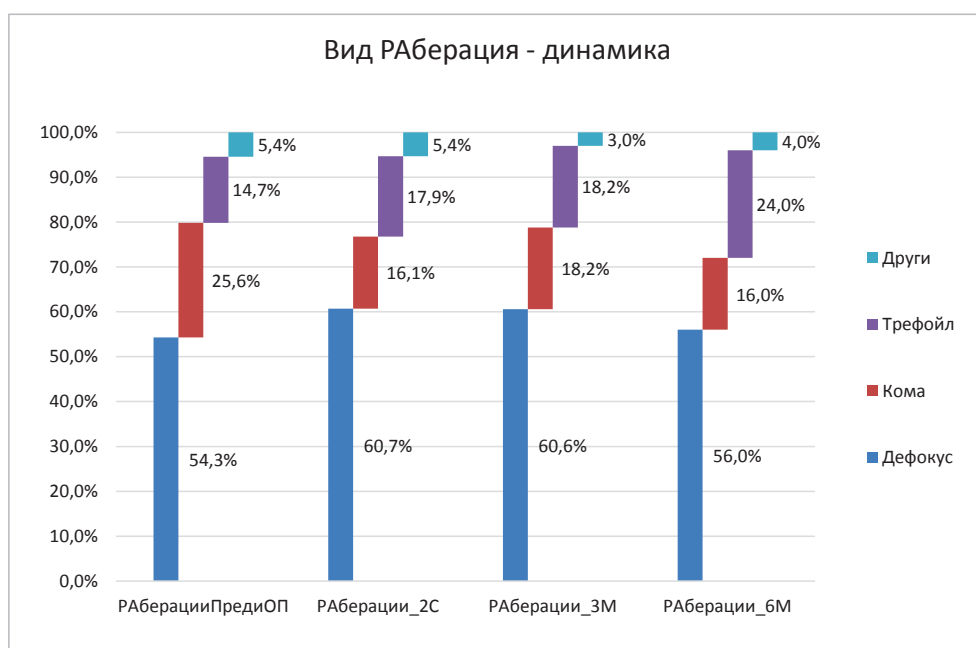
Табл. 4.3.4.1

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%
p*	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.

Табл. 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 iTracе 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.

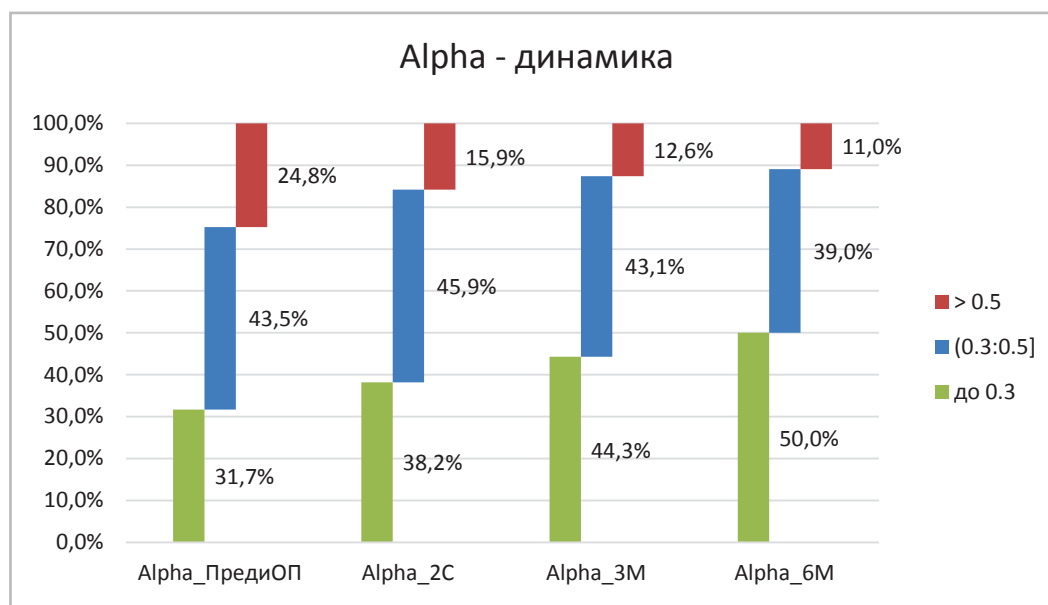
Табл. 4.3.5.1

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.

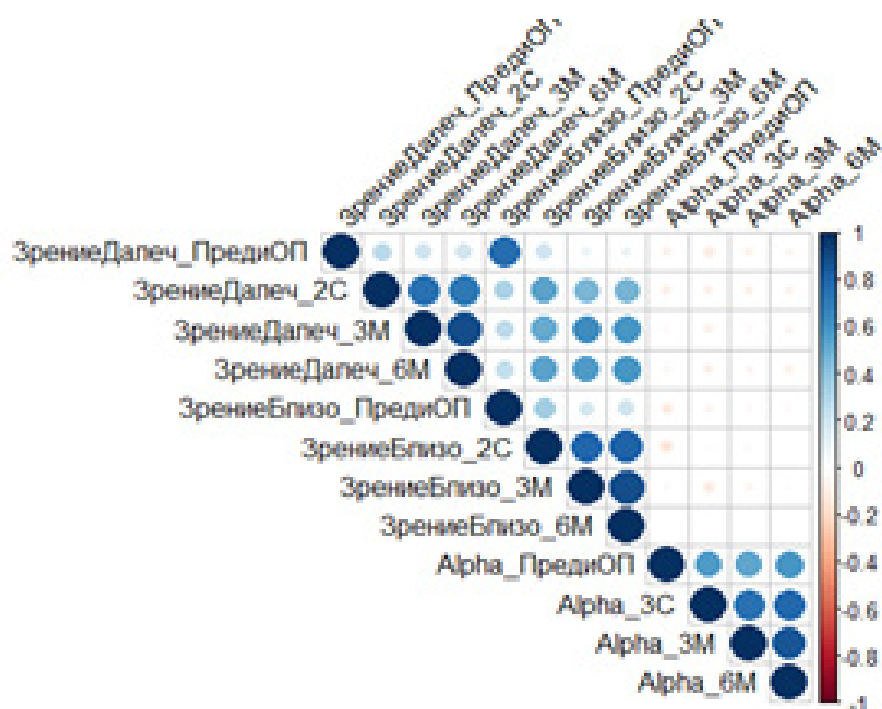
Табл. 4.3.5.2

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



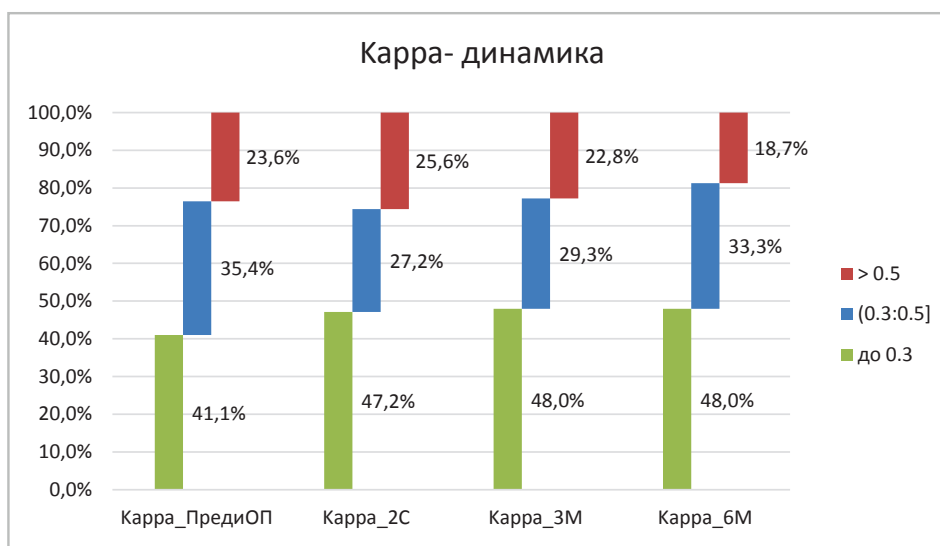
От измерването на ъгъл Капа, тест на Фишер не успява да потвърди значима динамика за нито едно от измерванията спрямо останалите. В таблица 4.3.4.3 са представени резултатите, а фигура 4.3.4.3 представя динамиката на измененията в периода на проследяване.

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%
p*	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.

Фиг. 4.3.5.3



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.

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 4.3.4.4.

Табл. 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 подобрене 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 подобрене спрямо втората постоперативна седмица и в сравнение с изходните стойности.

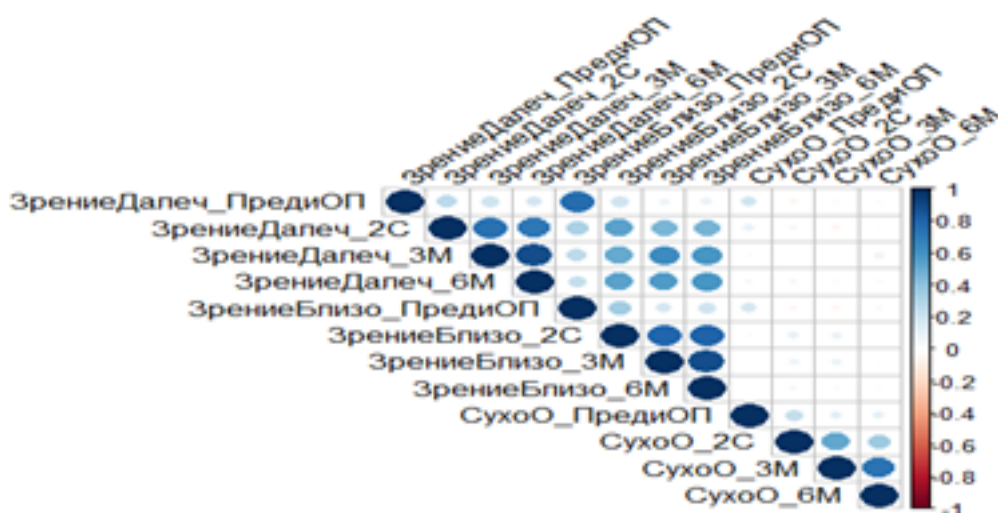
За проверка на наличие на влияние на TBUT върху зрителната острота и качеството на ретиналния образ беше извършен Спирман корелационен анализ с BCDVA и BCNVA в цялата кохорта (таблица 4.3.6.2) Установяват се слаби корелации, предимно положителни, но значими в общата популация към BCDVA пред и постоперативно,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

Табл.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 визуализират 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

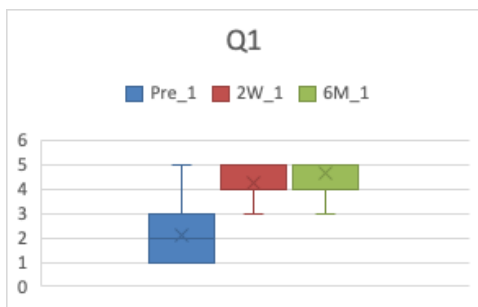
На постоперативните визити беше включен и *въпрос 5* – Бихте ли избрали същата леща с възможни отговори: *Да - 3, не съм сигурен - 2 и не - 1.*

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.

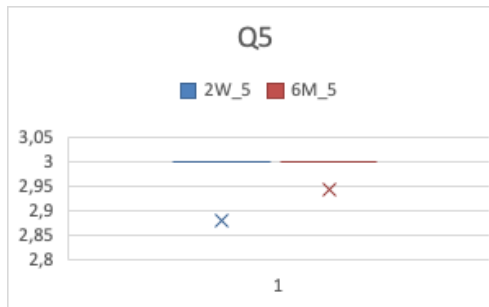
На въпроса дали биха избрали същата ВОЛ към втора постоперативна седмица 91% от пациентите отговарят положително, на 6-и пост оперативен месец - 95,5%.

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 публикация 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 влошена 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].

Изследването на роговични аберации е от съществено значение за предоперативната оценка, особено при мултифокални или ВОЛ с разширена дълбочина на фокус (Е-ДОФ). Задълбоченото разбиране на профила на роговицата на пациента помага при избора на подходящи ВОЛ и хирургически подходи, като например използване на асферични ВОЛ за неутрализиране на сферичните аберации, което води до подобро качество на изображението на ретината и повишена 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 подобрието в зрението при пациенти имплантирани с произволна ВОЛ и такива с избрана ВОЛ на база на wavefront предоперативен анализ се установява подобрието 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 (ТВУТ) 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. ТВУТ се оценява чрез измерване на времето необходимо за появата на сухи петна върху роговицата след мигане, което показва стабилността на слоя слъзен филм. Бързият ТВУТ (≤ 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 оказва 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 взискателни 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 оптичния 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 докладвани в хода на проследяването дисфотопсии.

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

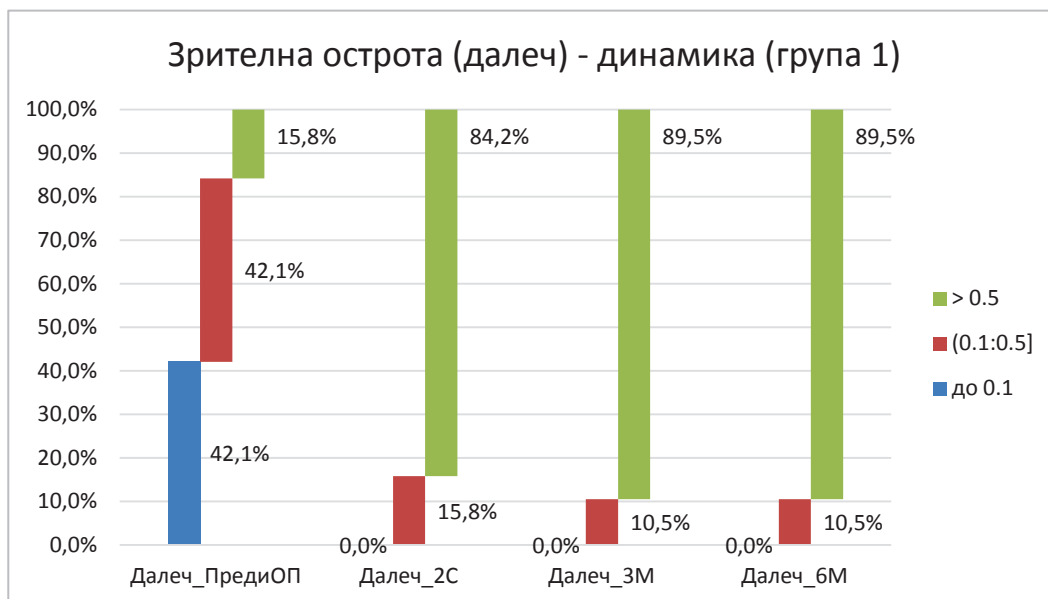
4.4.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние (BCDVA) при пациенти имплантирани с монофокална ВОЛ

Наблюдава се тенденция подобна на тази в общата популация – статистически значимо подобрение 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 подобрение на този параметър и спадат към група с BCDVA над 0,5. В третия месец на наблюдението има също значимо подобрение – 89,5% и тенденцията остава стабилна към шестия месец със същия брой пациенти в групата над 0,5.

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

Фиг. 4.4.1.



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.

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

В група 1 зрителната острота за близо е изследвана на 35 см разстояние във всички периоди на проследяване. Пред оперативно в тази група се наблюдава по-голям процент пациенти - 57,9% спадащи към групата с BCNVA със средната стойност от 0,58.

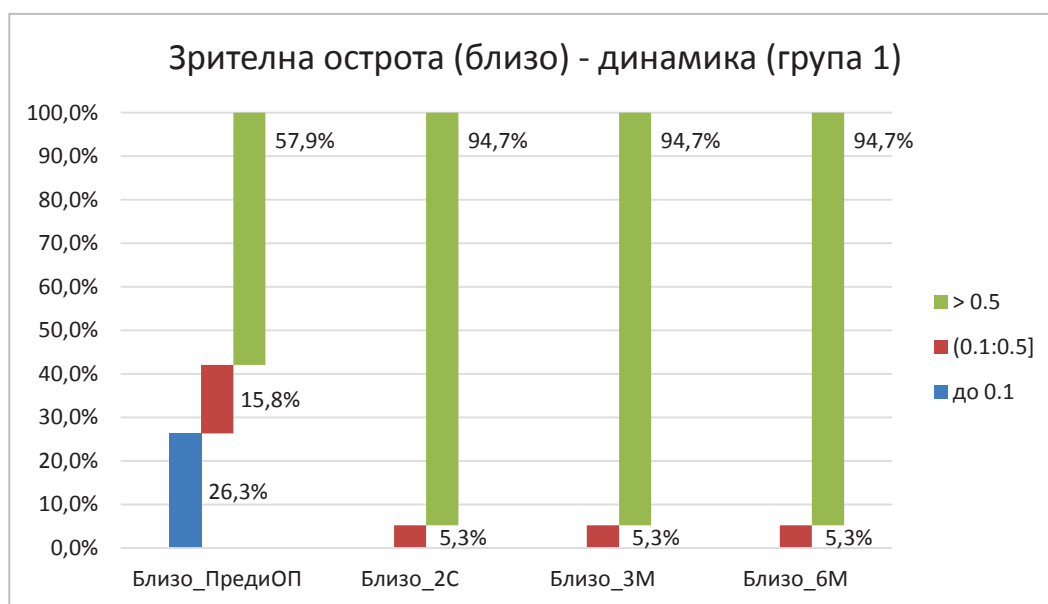
От направения статистически анализ на Фишер се установява значително подобрене на параметъра от изходните стойности до втора седмица, с 94,7% от изследваните очи, които спадат към групата със зрителна острота над 0,5. Тази тенденция са запазва стабилна в последващите периоди на наблюдение, без динамика.

В таблица 4.4.2.1 и фигура 4.4.2.1 са представени резултатите и динамиката в група 1 по периоди. При сравнение на резултатите от втора седмица към 3-и и 6-и месец не се установява статистически значимо подобрене.

Табл. 4.4.2.1.

Зрителна острота група 1	Зрение Близо Пре ОП		Зрение Близо 2С		Зрение Близо 3М		Зрение Близо 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	5	26,3%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	3	15,8%	1	5,3%	1	5,3%	1	5,3%
> 0.5	11	57,9%	18	94,7%	18	94,7%	18	94,7%
Общо валидни	19	100%	19	100%	19	100%	19	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0549	0,0549	0,0549	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,5971	0,5971	0,5971	1,0000	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,0221	0,0221	0,0221	1,0000	1,0000	1,0000		

Фиг. 4.4.2.1.



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.

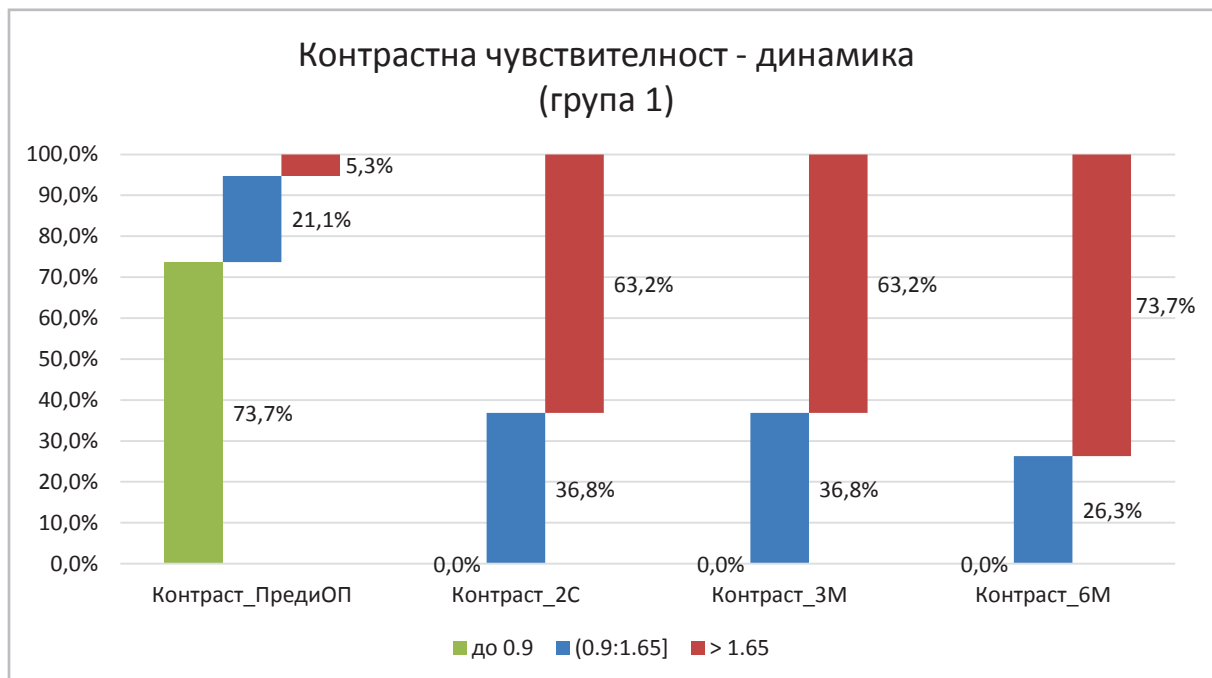
Таблица 4.4.3.1 и фигурата към нея показват данните от анализа.

При сравнение на втори период на проследяване с резултатите от 3-и и 6-и месец, не се установява наличие на динамика въпреки показаните 10% подобрение в 6-и месец спрямо трети постоперативен месец в групата с КЧ 1,65 и нагоре. Тази разлика се разглежда само като математическо подобрение, без наличие на статистически значимо такова.

Табл.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 табл. 4.4.4.1 са представени резултатите разпределение според вида аберации в популацията.

Анализ на Фишер установява промяна в параметрите към втора постоперативна седмица – 5 очи (31,6%) са с налични аберации – дефокус. От останалите изследвани аберации не се установява статистически значима промяна във времето. Към 6-и месец този процент е 21,1% - 4 очи.

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

Табл. 4.4.4.1.

РАберации група 1	Аберации Пре ОП		Аберации 2С		Аберации 3М		Аберации 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	15	78,9%	6	31,6%	5	26,3%	4	21,1%
Дефокус	14	56,0%	6	100,0%	5	100,0%	4	100,0%
Кома	4	16,0%	-	-	-	-	-	-
Трейфойл	4	16,0%	-	-	-	-	-	-
Други	3	12,0%	-	-	-	-	-	-
Общо РАберации	25	100%	6	100%	5	100%	4	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Пациенти с РАберации	0,0091	0,0035	0,0012	1,0000	0,7125	1,0000		
Дефокус	0,1217	0,1753	0,2589	1,0000	1,0000	1,0000		
Кома	0,7100	0,8102	0,9356	1,0000	1,0000	1,0000		
Трейфойл	0,7100	0,8102	0,9356	1,0000	1,0000	1,0000		
Други	0,9013	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		

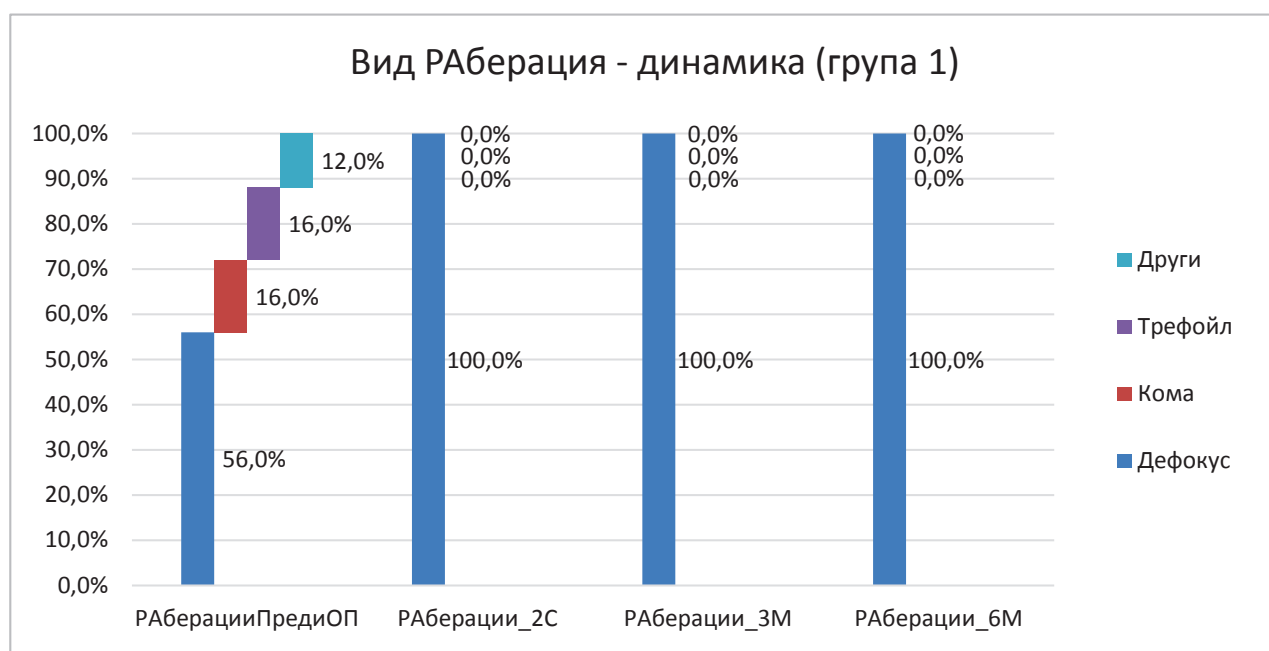
Изследвана е динамиката в група 1 в хода на изследването тя се запазва стабилна.

За установяване на корелация между наличие на роговични аберации и BCDVA се направи корелационен анализ на Спирман представен в таблица 4.4.4.2. 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.

Табл. 4.4.4.2.

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	-	-	-
Трефойл	-0,563	-	-	-
Други	-0,472	-	-	-

Фиг. 4.4.4.2.



На фигура 4.4.4.2 е представена динамиката на аберациите в група 1 във всички периоди. 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 ТВUT 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 Хътън, 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

Гил и 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. Заключениета 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.

4.5.1 Направено е сравнение на група 2 с контролна група 1 - наблюдава се еднаква тенденция на подобрение на зрителната острота за далеч и близо в двете групи във всички периоди на проследяване.

При сравнителен анализ на двете групи не се установяват статистически значими разлики, но има математически модел на подобрение по-добре изразен в 2-ра група.

Таблица 4.5а 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%. Като заключение - 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%

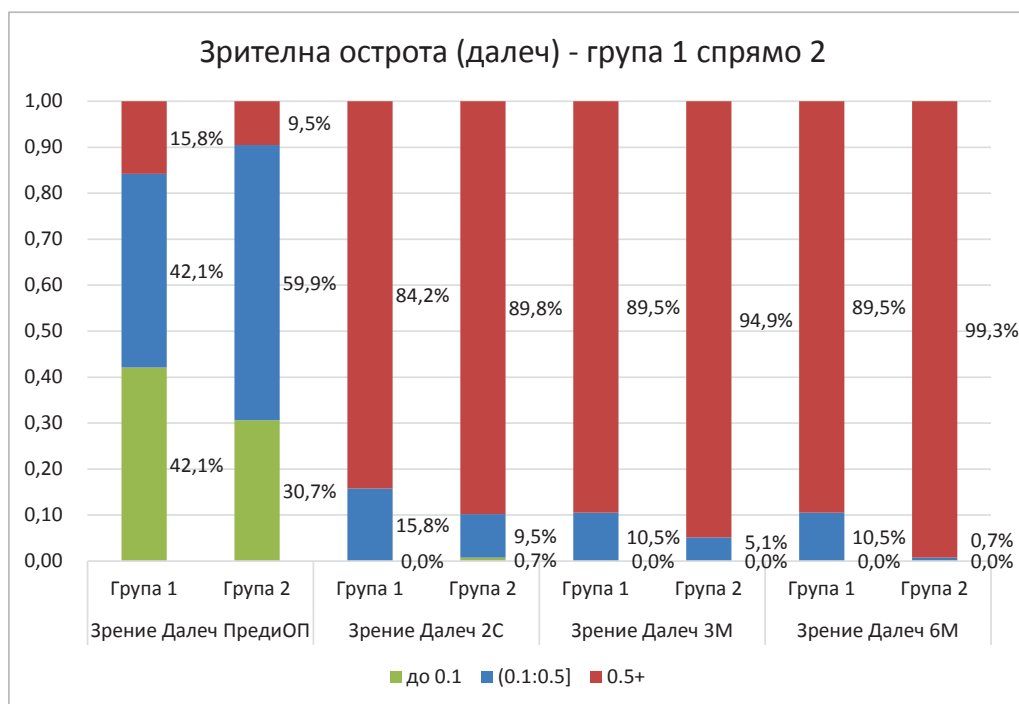
Таблица 4.5в представя сравнението на група 2 с контролната група. Установява се статистически значима разлика на 6-и постоперативен месец, което потвърждава наблюдаваното подобрене (таблица 4.5а), и води до заключението, че очите имплантирани с Е-ДОФ ВОЛ имат малко по-добра BCDVA в сравнение с монофокалните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

Табл. 4.5в

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

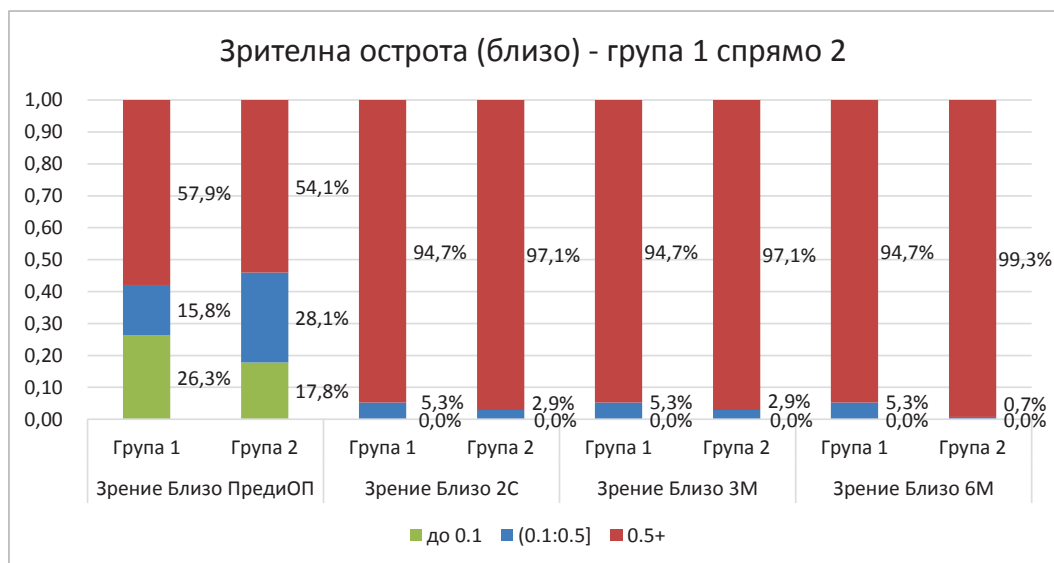
На фигура 4.5а е представен сравнителен анализ на група 1 и 2 за най-добре коригирана зрителна острота за далеч.

Фиг. 4.5а



Подобни данни се установяват и при сравнителен 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 остава стабилна във времето. От този анализ заключаваме, че и двете лещи осигуряват отлично зрение за близко разстояние.

Фиг. 4.5с



Анализ на контрастна чувствителност в група 2

От направеният анализ и сравнението на група 2 с група 1 се установява значимо подобрение на този параметър в целия пост оперативен период на проследяване. Двете подгрупи показват еднаква динамика и ход на подобрение, като резултатите се задържат стабилни във времето.

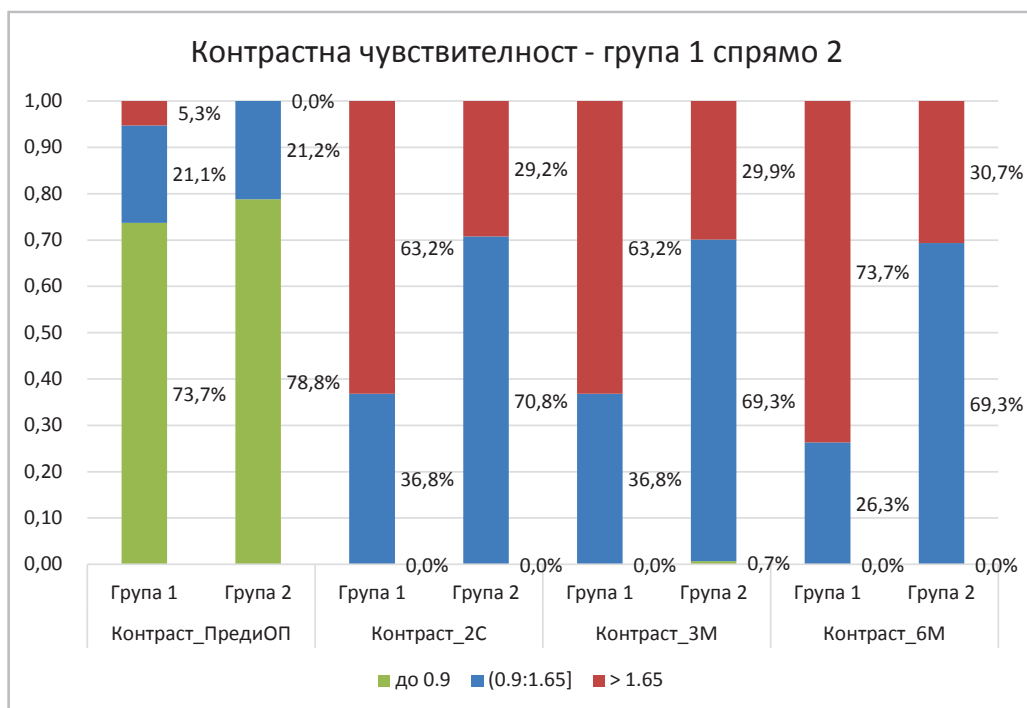
Анализ на Спирман между група 2 и група 1 установи, че монофокалните ВОЛ осигуряват по-добра КЧ след операция за катаракта. Резултатът представен в таблица 4.5d във всички периоди след оперативното лечение, което показва по-добрата КЧ при монофокалните ВОЛ в сравнение с е-ДОФ ($p < 0,05$).

Табл. 4.5d

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

Фигура 4.5d показва графиката на динамиката в двете групи и по-голямото подобрение на КЧ в група 1.

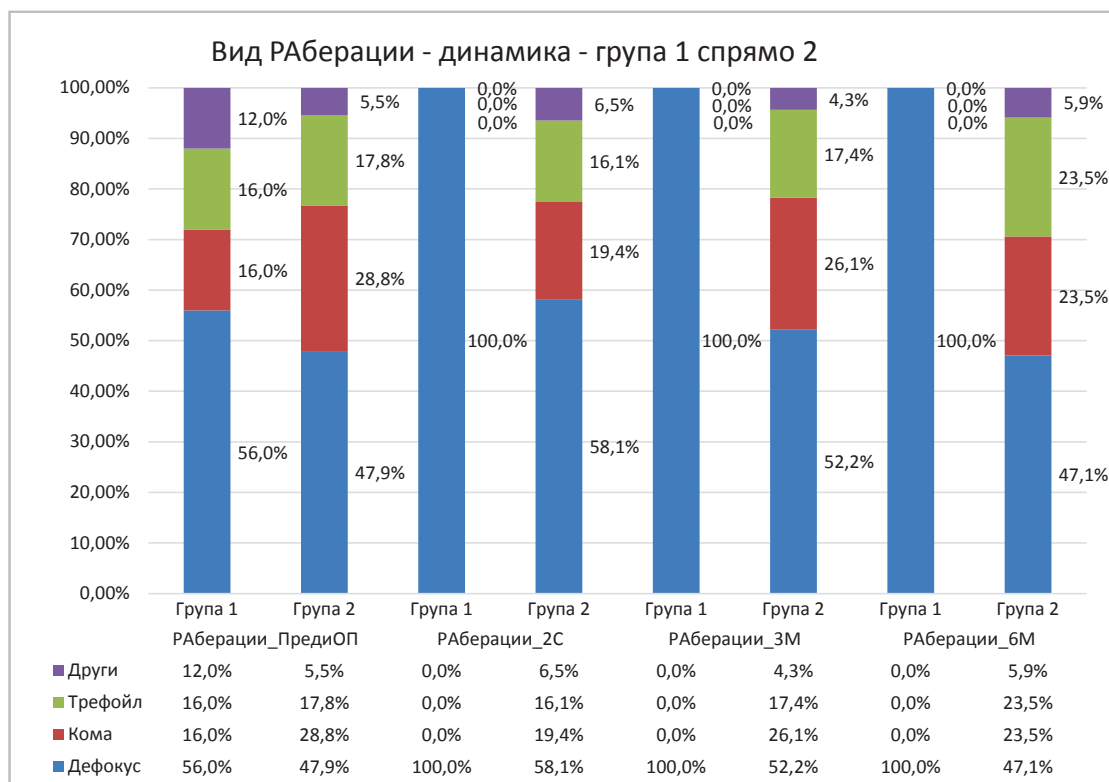
Фиг. 4.5d



Анализ на роговични aberации е направен за всяка подгрупа.

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 aberации са представени в процентно съотношение и по периоди на фигура 4.5e. В двете групи динамиката и разпределението се запазват стабилни във времето. Отчита се в група 1 липсата на други aberации освен дефокус.

Фиг.4.5.e



4.5.2. Група 2 А

Средната стойност на BCDVA за група 2А е 0,28, като в тази група спадат и 6 пациенти със зрителна острота преди операцията под 0,01, а най-голям дял са субектите в групата с BCDVA от 0,1 до 0,5 – 56,1%. Средна възраст в групата е 70,1 (33-87) години.

4.5.2.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

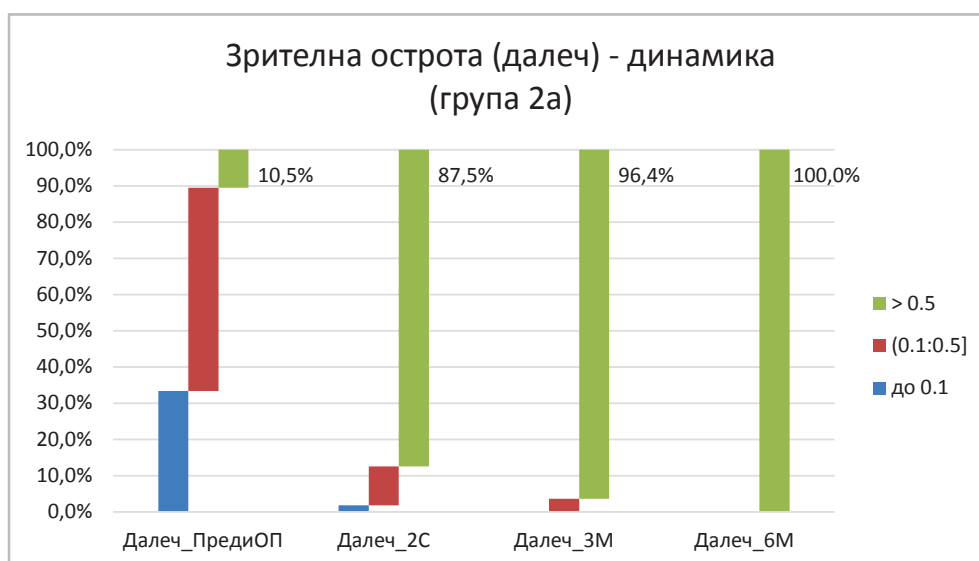
В подгрупа 2А зрителната острота за далеч е със значително подобрение от първи до втори период на проследяване, като статистическия анализ отчита значимо подобрение на 2-а седмица и 3-и месец и в 6-и месец.

При сравнителен анализ на резултатите от втора седмица с трети и шести месец се установява значимо подобрение към 3-и и 6-и месец, но трябва да се отбележи, че статистически значима разлика има само към 6-я месец. При 3-и месец има нумерична разлика. Тези резултати са представени в таб. и фиг. 4.5.1.1. При тази кохорта в края на изследването 100% от пациентите са влезли в групата с BCDVA над 0,5.

Табл.4.5.1.1

Зрителна острота група 2а	Зрение Далеч Пре ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	19	33,3%	1	1,8%	-	-	-	-
(0.1:0.5]	32	56,1%	7	10,7%	3	3,6%	-	-
> 0.5	6	10,5%	49	87,5%	54	96,4%	57	100,0%
Общо валидни	57	100%	57	100%	57	100%	57	100%
р*	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	0,2710	0,0358	0,4755		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	0,1644	0,0191	0,4755		

Фиг. 4.5.1.1



На втора постоперативна седмица се установи 1 пациент с BCDVA под 0,1 в цялата популация, от група 2А, дължащо се на персистираща кератопатия. Той беше оставен в кохортата за проследяване.

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

В изследването на BCNVA в група 2 А се установяват по-високи нива на зрение предоперативно в сравнение с тези за далечно разстояние – средна зрителна острота предоперативно е 0,52 (0,05-1,0).

В предоперативното разпределение се наблюдава най-голям дял на очи (27– 47,4%) с BCNVA от 0,5 и по-висока.

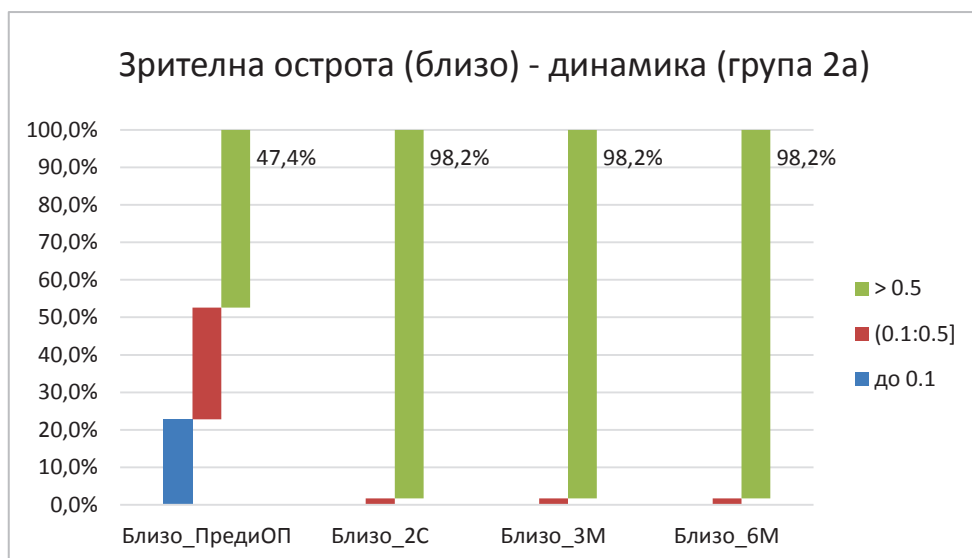
От направения анализ на Фишер (таблица 4.5.2.2) се установява динамика потвърждаваща тази в общата група, на значимо подобрене в постоперативния период, което се задържа до 6-и постоперативен месец. На втора седмица след операцията се установяват 98,2% от очите вече в групата със зрителна острота над 0,5, и този процент са задържа до края на проследяването.

Табл. 4.5.2.2

Зрителна острота група 2а	Зрение Близко Преди ОП		Зрение Близко 2С		Зрение Близко 3М		Зрение Близко 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	13	22,8%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	17	29,8%	1	1,8%	1	1,8%	1	1,8%
> 0.5	27	47,4%	56	98,2%	56	98,2%	56	98,2%
Общо валидни	57	100%	57	100%	57	100%	57	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0013	0,0013	0,0013	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		

Фигура 4.5.2.2 представя динамиката, установява се само 1 око, което към 2-ра седмица и до 6-и месец остава в групата от 0,1-0,5.

Фиг.4.5.2.2



4.5.2.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние

В група 2А се проявява със 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). 33 очи (57,9%) в групата със зрение над 0,7. Към 3-и месец този процент вече е 70,2% (40 очи). На 6-и месец се наблюдава продължаващо подобрение – 82,5% (47 очи) преминават към ВСМVA от 0,7 и нагоре.

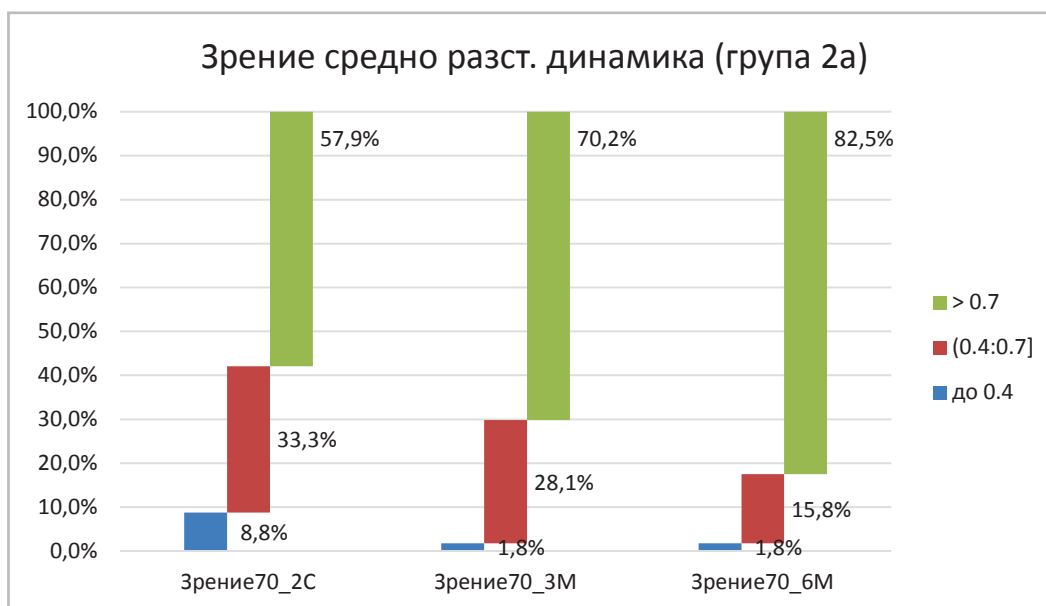
На таблица 4.5.2.3 е представен резултат от тест на Фишер.

Табл. 4.5.2.3.

Зрение 70 2а	Зрение 70 2С		Зрение 70 3М		Зрение 70 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.4	5	8,8%	1	1,8%	1	1,8%
(0.4:0.7]	19	33,3%	16	28,1%	9	15,8%
> 0.7	33	57,9%	40	70,2%	47	82,5%
Общо валидни	57	100%	57	100%	57	100%
p*	1-2	1-3	2-3			
до 0.4	0,3601	0,3601	1,0000			
(0.4:0.7]	0,5376	0,0495	0,2496			
> 0.7	0,2340	0,0129	0,2631			

На фигура 4.5.2.3 се представя проследяването в група 2А в динамика и илюстрира продължаващото подобряване в зрителната острота за средно разстояние в периода на проследяване и при продължаваща невроадаптация.

Фиг. 4.5.2.3



4.5.2.4 Анализ на контрастна чувствителност

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

От анализ на Фишер се потвърждава значимостта на резултатите и подобрението във всички периоди на проследяване в сравнение с преди оперативното лечение. Ако се сравнят резултатите от втора седмица с 3-и и 6-и месец не се установява значима разлика.

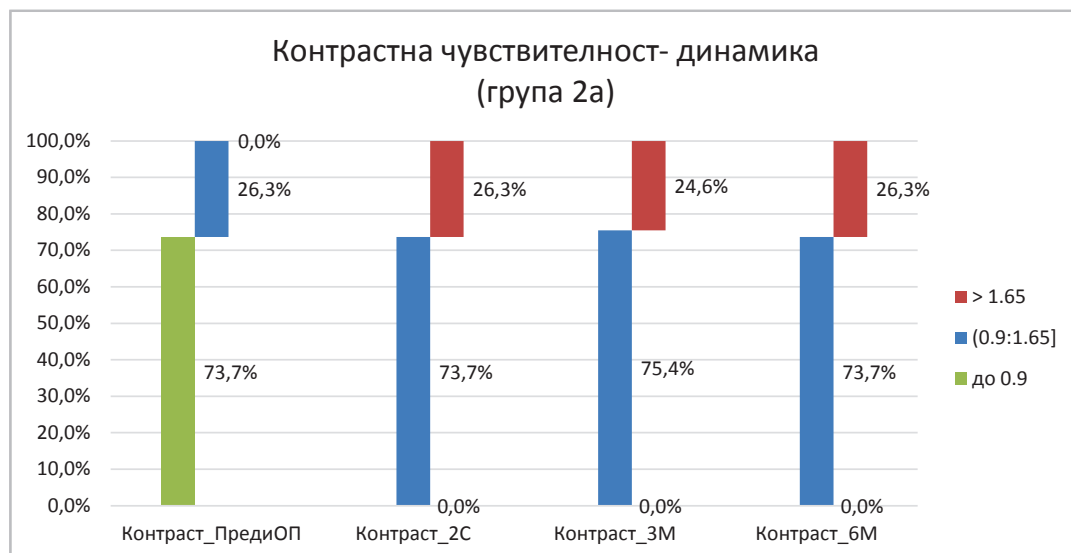
Хо̀да на подобрение се задържа стабилен във всички периоди.

Таблица 4.5.2.4 и фигурата представят всички резултати от КЧ. Наблюдава се по-значим дял на очите в групата с 0,9-1,65. Динамиката в цялата група се задържа стабилна.

Таб. 4.5.2.4

Контрастна чувствителност група 2а	Контраст Преди ОП		Контраст 2С		Контраст 3М		Контраст 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	42	73,7%	-	-	-	-	-	-
(0.9:1.65]	15	26,3%	42	73,7%	43	75,4%	42	73,7%
> 1.65	-	-	15	26,3%	14	24,6%	15	26,3%
Общо валидни	57	100%	57	100%	57	100%	57	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	1,0000	1,0000		
> 1.65	0,0001	0,0002	0,0001	1,0000	1,0000	1,0000		

Фиг. 4.5.2.4



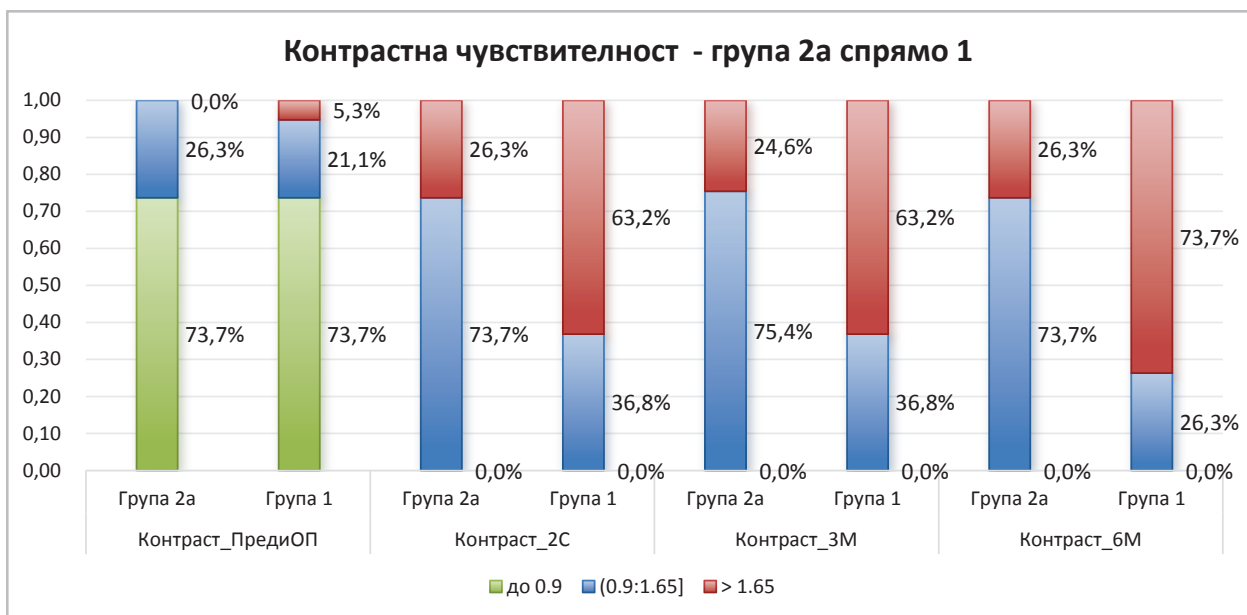
При сравнение на група 1 и група 2А за КЧ се установява статистически значима разлика между двете групи в полза на група 1 във всички постоперативни периоди.

От фигура 4.5.2.4а където е представена динамиката на това сравнение се визуализира, че пред оперативните нива са еднакви за двете групи, но в постоперативния период група 1 има по-голям дял на очи с КЧ над 1,65. Този резултат от проучването потвърждават литературните данни, че монофокалните ВОЛ осигуряват по-добра КЧ след операция за катаракта.

Табл. 4.5.2.4а

Група 1 спрямо 2а	ПОП	2С	3М	6М
p**	0,5611	0,0086	0,0052	0,0007

Фиг. 4.5.2.4а



4.5.2.5. Анализ на роговични аберации

В група 2А предоперативно най-голям брой очи – 33 (47,8%) са с дефокус.

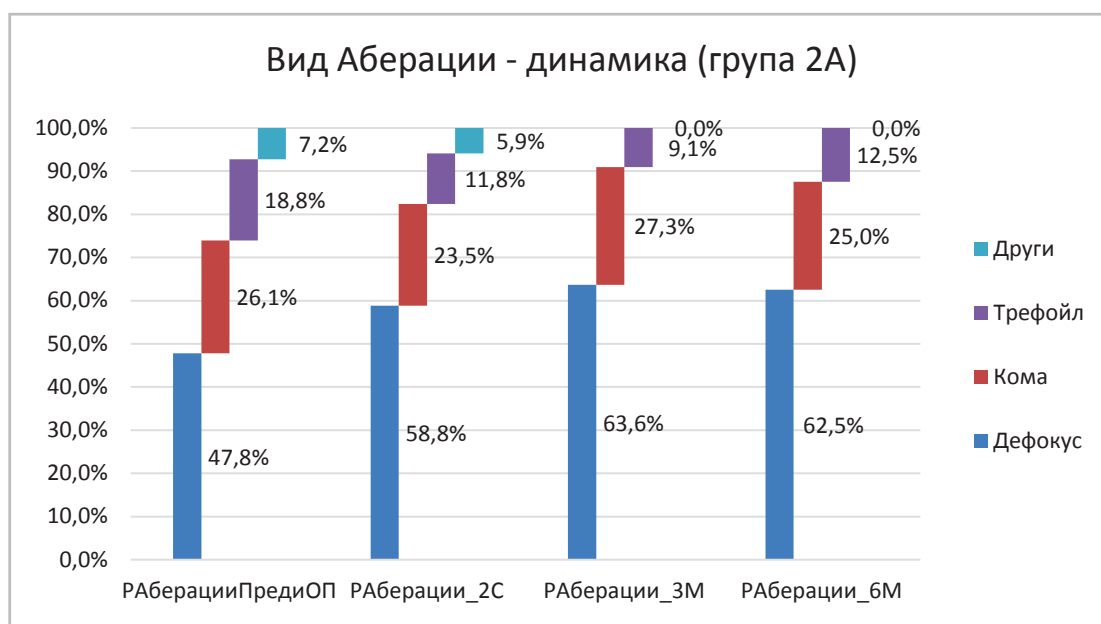
От направен анализ на Фишер се установява, че броят на очите с налични аберации значимо намалява към 2-ра постоперативна седмица, където 58,8% (10 очи) са с дефокус, 4 имат кома и 2 трейфойл. Тази динамиката се задържа стабилна в хода на проследяването със статистически значимо намаление на аберациите към 3-и и 6-и постоперативен месец. При направено сравнение - втора седмица към следващи периоди не се установява значима разлика, но от таблица 4.5.2.5 се наблюдава математическа промяна в проследяваните параметри с намаление на общия брой очи с налични аберации на 7 (11,9%) към 6-и месец.

Таб. 4.5.2.5

Аберации група 2а	Аберации Преди ОП		Аберации 2С		Аберации 3М		Аберации 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	38	64,4%	14	23,7%	10	16,9%	7	11,9%
Дефокус	33	47,8%	10	58,8%	7	63,6%	5	62,5%
Кома	18	26,1%	4	23,5%	3	27,3%	2	25,0%
Трейфойл	13	18,8%	2	11,8%	1	9,1%	1	12,5%
Други	5	7,2%	1	5,9%	-	-	-	-
Общо РАберации	69	100%	17	100%	11	100%	8	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Пациенти с РАберации	0,0000	0,0000	0,0000	0,4926	0,1487	0,6001		
Дефокус	0,5881	0,5161	0,6801	1,0000	1,0000	1,0000		
Кома	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
Трейфойл	0,7400	0,7165	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
Други	1,0000	0,8014	0,3182	1,0000	1,0000	1,0000		

От направения корелационен анализ на Спирман се доказва връзка между наличието на всички изследвани аберации и намалена зрителна острота в пред оперативния период. След оперативната интервенция в постоперативното проследяване не се установява корелация между двата параметъра. В таблица 4.5.2.5а се представят резултатите.

Фиг.4.5.2.5



Таб. 4.5.2.5а

Spearman r**	ПОП	2С	3М	6М
Брой РАберации	-0,465	-0,135	-0,157	-
Дефокус	-0,271	-0,101	-0,218	-
Кома	-0,292	0,105	0,046	-
Трефойл	-0,598	-0,213	0,026	-
Други	-0,296	0,051	-	-

4.5.2.6. Анализ на време за разкъсване на слъзен филм

В група 2А времето за разкъсване на слъзния филм беше изследвано преди оперативната интервенция и на втора седмица, 3-и и 6-и месец постоперативно. Предоперативно средното време за разкъсване е 11,48 сек. (1,3-17 сек).

При изследване на втора седмица се установява съкращаване на този параметър до средно 7,05 сек. (1,1-17сек), което показва влошаване с 4,43 сек. През времето на проследяване, на трети месец се установява подобрене до 10,66 сек – с 3,6 сек. от резултатите на 2-ра седмица, без да се достига до предоперативните нива в групата.

В 6-и месец се установява продължаващо подобрене във времето на разкъсване до 13,59 сек. (6,54 сек.) спрямо втора пост оперативна седмица. Спрямо изходното ниво се установява подобрене със средно 2,11 сек.

Настоящото проучване потвърждава, че след оперативна интервенция времето за разкъсване се влошава, с последващо подобрене до нива равни или по-добри от установените преди операцията.

4.5.3. Резултати Група 2В

В група 2В средна BCDVA предоперативно е 0,25, 4-а пациенти със зрение преди

операция под 0,01, а най-голям дял 62,5% са пациентите от група с BCDVA от 0,1-0,5. Средна възраст 69,2 (37-86) години.

4.5.3.1. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

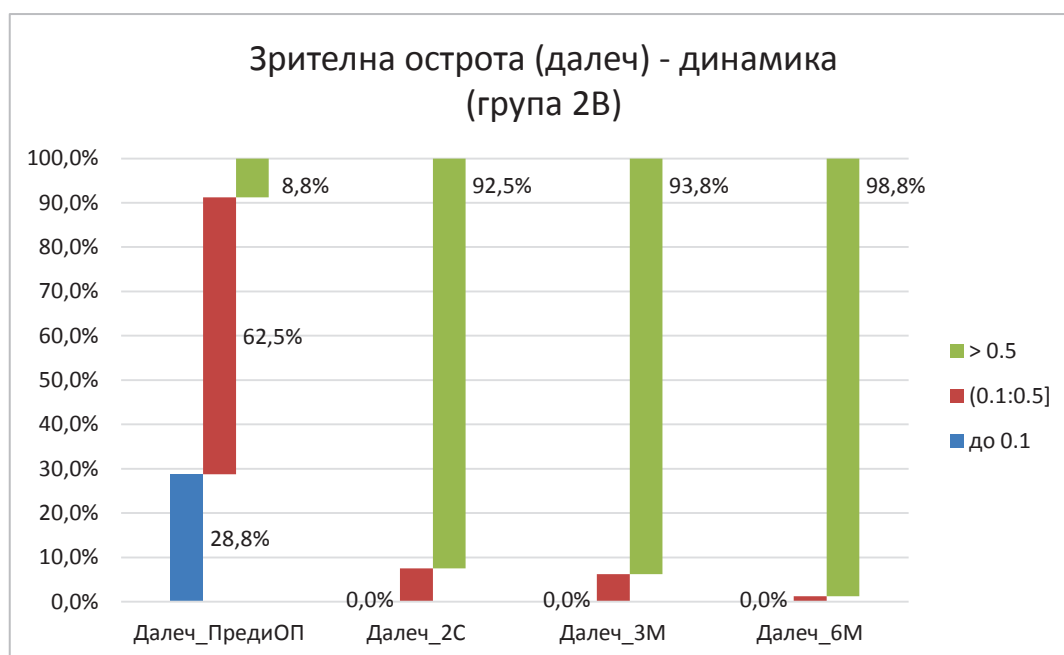
Анализът на група 2В показва посока и динамика на подобрене, еднаква с тази на цялата популация и наподобява тази наблюдавана в група 2А. Заслужава да се отбележи, че разлика в двете групи се установява на втора седмица постоперативно, където група 2В не показва толкова значимо подобрене в сравнение с 2А. 92,5% от субектите на 2-ра седмица имат зрение над 0,5, като тази тенденция се повишава до 6-и месец и достига до 98,8%. Таблица 4.5.3.1 представя резултатите.

Табл. 4.5.3.1

Зрителна острота група 2В	Зрение Далеч Пре ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	23	28,8%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	50	62,5%	6	7,5%	5	6,3%	1	1,3%
> 0.5	7	8,8%	74	92,5%	75	93,8%	79	98,8%
Общо валидни	80	100%	80	100%	80	100%	80	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	0,1220	0,2119		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,1221	0,2119		

На фигура 4.5.3.1 е представена динамиката в група 2В в периодите на проследяване. Наблюдава се подобрене в BCDVA при 92,5%, които на втора седмица са със зрение над 0,5 до 98,8% на шести месец. От направения сравнителен анализ - втора седмица към 3-и и 6-и месец не се установява статистически значимо подобрене, въпреки че се наблюдава в динамиката в групата.

Фиг.4.5.3.1



4.5.3.2. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние

В група 2В средната BCNVA е 0,55 (0,05-1,0). От анализа се установява че в тази група най-голям дял имат очите в групата със зрение над 0,5 – 57,5% (46 очи) в пред оперативното измерване.

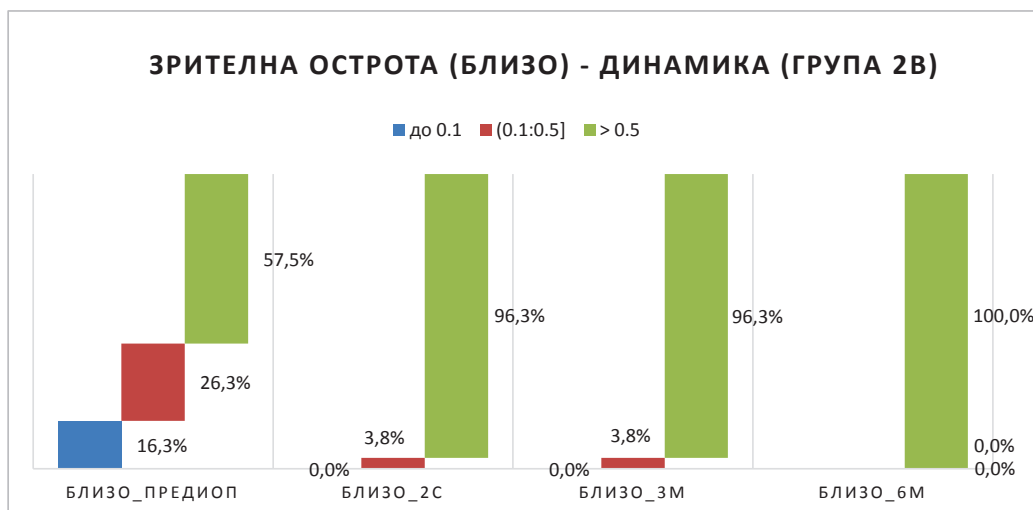
В група 2В се наблюдават резултати подобни на група 2А със статистическо значимо подобрене на BCNVA от изходното ниво към втора седмица където 96,3% (77очи) имат зрителна острота над 0,5. В таблица 4.5.3.2 е представен направения анализ на Фишер и периодите на проследяване. Тенденцията се запазва до 6-и месец, където вече 100% от изследваните очи в групата нас 0,5.

Табл. 4.5.3.2.

Зрителна острота група 2В	Зрение Близко Пре ОП		Зрение Близко 2С		Зрение Близко 3М		Зрение Близко 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	13	16,3%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	21	26,3%	3	3,8%	3	3,8%	-	-
> 0.5	46	57,5%	77	96,3%	77	96,3%	80	100,0%
Общо валидни	80	100%	80	100%	80	100%	80	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0005	0,0005	0,0005	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0002	0,0002	0,0000	1,0000	0,2437	0,2437		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,2437	0,2437		

На фигура 4.5.3.2 е представена динамиката на групата по периоди. Наблюдава се запазване на тенденцията за подобрене на този параметър във времето. Приемаме че, по-добрата зрителна острота за близо преди оперативното лечение е причината за липса на статистически значимо подобрене при сравняване на резултатите постигнати на втора седмица с 3-и и 6-и пост оперативен месец.

Фиг.4.5.3.2



4.5.3.3. Резултати в подгрупа 2В за най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см) разстояние

От изследването на зрителната острота за средно разстояние при очите имплантирани с тип 1 Е-ДОФ леща се установи равномерно разпределение в групите на втора седмица след оперативната интервенция. 35 очи (43,8%) имат зрение от 0,4-0,7 и 36 очи -45% се в групата със зрение над 0,7.

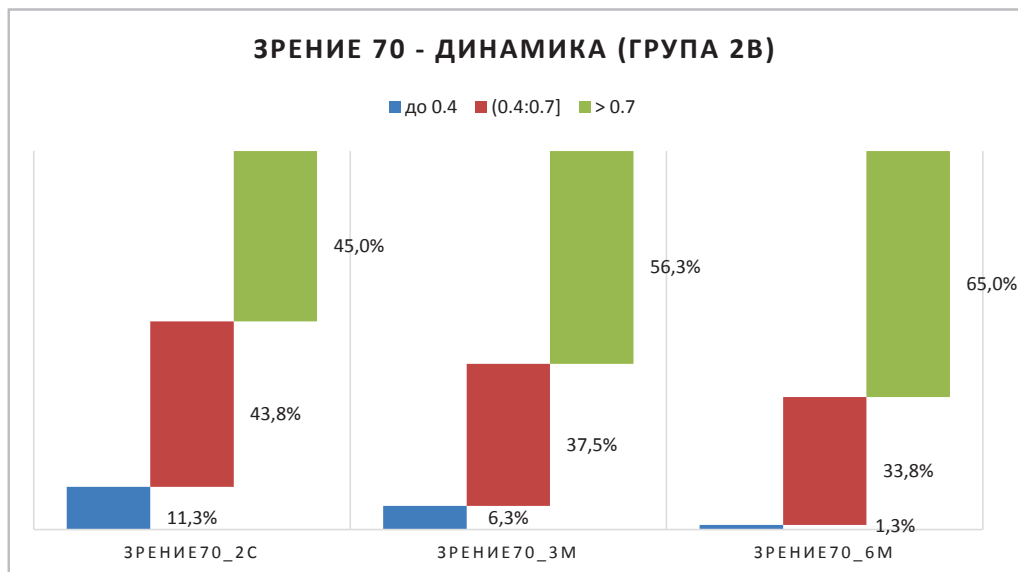
От направения анализ се установява статистически значима разлика в периода от 2-ра седмица към трети месец, където 56,3% вече са в дела над 0,7. Тенденцията на подобрене е стабилна до 6-и месец където вече при 65% се установява зрение за средно разстояние над 0,7. Не се установява статистически значимо подобрене от трети към шести месец, а само математическо такова. Резултатите са представени в таблица 4.5.3.3.

Таб. 4.5.3.3

Зрение 70 2В	Зрение 70 2С		Зрение 70_ М		Зрение 70 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.4	9	11,3%	5	6,3%	1	1,3%
(0.4:0.7]	35	43,8%	30	37,5%	27	33,8%
> 0.7	36	45,0%	45	56,3%	52	65,0%
Общо валидни	80	100%	80	100%	80	100%
p*	1-2	1-3	2-3			
до 0.4	0,4013	0,0222	0,2119			
(0.4:0.7]	0,5197	0,2560	0,7413			
> 0.7	0,2059	0,0171	0,3316			

В динамиката на групата по периоди също се наблюдава продължително подобрене в хода на проучването. Приемаме, че това подобрене се дължи на продължаващите процеси на невроадаптация в популацията.

Фиг. 4.5.3.3



4.5.3.4. Резултати в подгрупа 2В от анализ на контрастна чувствителност

В група 2В средната КЧ пред оперативно е 0,60 (0-1,2) с най-много очи 66 (82,5%) в частта с КЧ до 0,9. Направения анализ на Фишер показва статистически значимо подобрене към втора седмица спрямо изходното ниво и се задържа стабилно по време на проследяването. Във втори период 55 (68,8%) са с подобрене на КЧ, а в групата от 0,9-1,65, а 25 (31,3%) с КЧ над 1,65.

От сравнението на данните от втора седмица с 3-и и 6-и пост оперативен месец не се наблюдават значими промени, 27 (33,8%) с КЧ над 1,65 в края на проследяването и 53 (66,3%) с 0,9-1,65.

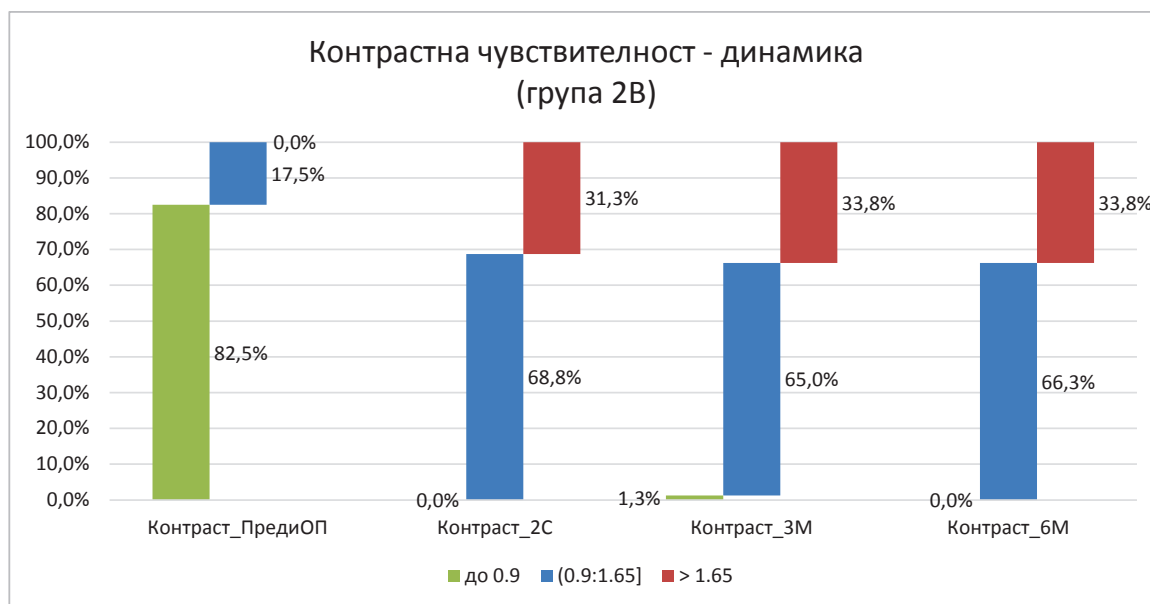
Анализът на данните в тази група показва аналогични резултати като тези наблюдавани в група 2А.

Табл. 4.5.3.4

Контрастна чувствителност група 2В	Контраст ПредиОП		Контраст 2С		Контраст 3М		Контраст 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	66	82,5%	-	-	1	1,3%	-	-
(0.9:1.65]	14	17,5%	55	68,8%	52	65,0%	53	66,3%
> 1.65	-	-	25	31,3%	27	33,8%	27	33,8%
Общо валидни	80	100%	80	100%	80	100%	80	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	0,7369	0,8660	1,0000		
> 1.65	0,0000	0,0000	0,0000	0,8660	0,8660	1,0000		

В динамиката на група 2В не се наблюдават значими изменения по време на изследването. Тя остава стабилна в целия период на проследяване.

Табл. 4.5.3.4



4.5.3.5. Резултати в подгрупа 2В - анализ на роговични аберации

В група 2В се установяват 49 очи (61,3%) с налични пред оперативно роговични аберации. В таблица 4.5.2.5 са представени анализ на Фишер и разпределението на аберациите по вид във времето на проследяването.

Най-голям дял 37 очи (48,1%) се установяват с наличие на дефокус пред оперативно. Наблюдава се статистически значимо намаление на очите с наличие на аберации на втора седмица до 11 очи (13,8%), като се запазва дефокус с най-голям дял -8 очи(57,1%). В хода на проследяването разпределението не се променя.

Нито една от изследваните аберации не показва статистическа разлика в хода на проучването. Такава не се установява. При сравняване на данните в проследяването след оперативната интервенция.

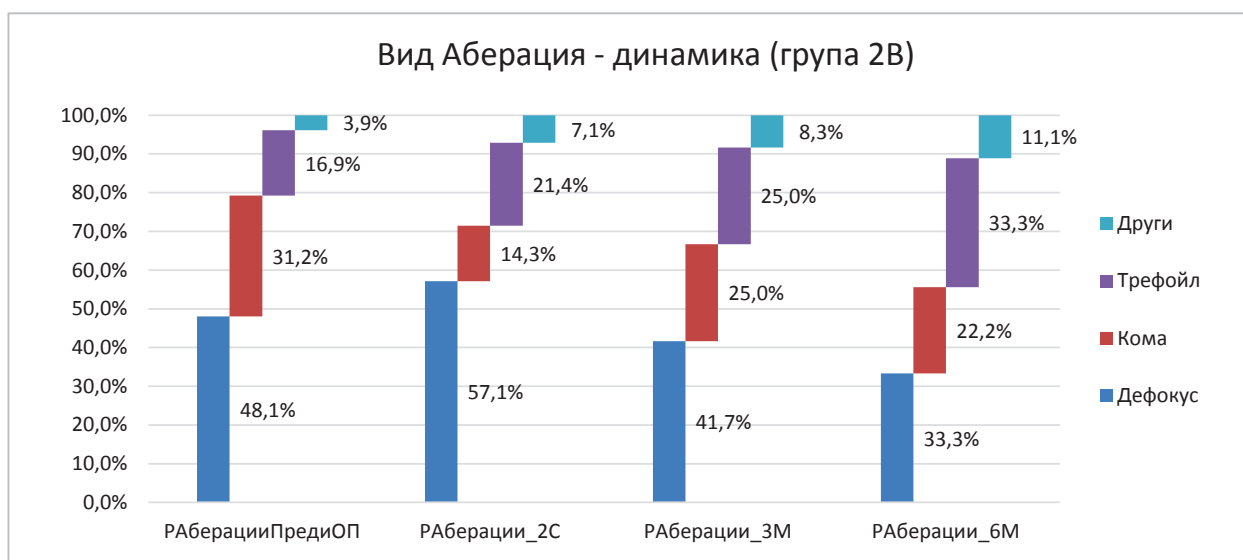
Табл. 4.5.3.5

РАберации група 2В	РАберации ПредиОП		РАберации_2С		РАберации_3М		РАберации_6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	49	61,3%	11	13,8%	8	10,0%	7	8,8%
Дефокус	37	48,1%	8	57,1%	5	41,7%	3	33,3%
Кома	24	31,2%	2	14,3%	3	25,0%	2	22,2%
Трефойл	13	16,9%	3	21,4%	3	25,0%	3	33,3%
Други	3	3,9%	1	7,1%	1	8,3%	1	11,1%
Общо РАберации	77	100%	14	100%	12	100%	9	100%

p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Пациенти с РАберации	0,0000	0,0000	0,0000	0,6250	0,4529	1,0000		
Дефокус	0,7374	0,9193	0,6280	0,6940	1,0000	1,0000		
Кома	1,0000	0,9245	0,8654	0,8478	1,0000	1,0000		
Трефойл	0,9766	0,7818	0,4548	1,0000	0,8823	1,0000		
Други	1,0000	1,0000	0,8917	1,0000	1,0000	1,0000		

На долната фигура 4.5.3.5а е представено разпределението на установените налични аберации по вид и в продължение на 6-те месеца проследяване в настоящото проучване. Фиг. 4.5.3.5а показва покачване на броя очи с наличие на дефокус на 2-ра седмица след операцията, което според нас се дължи на удължен период на възстановяване на роговицата след оперативното лечение.

Фиг.4.5.3.5а



За установяване на връзка между наличието на роговични аберации и качеството на ретиналния образ и зрението е направен корелационен анализа на Спирман като резултатите са представени в таблица 4.5.3.5а.

Установени са негативни корелации на аберации като цяло и отделно на трефойл спрямо BCDVA преди операцията. Наличието на този резултат позволява да се заключи, че в група 2В основно трефойл води до понижена зрителна острота и влошено качество на зрението. Подобно заключение е валидно и за наличие на аберации като цяло в популацията.

Таб. 4.5.3.5а

Spearman r***	ПОП	2С	3М	6М
Брой РАберации	-0,248	-0,021	0,086	0,035
Дефокус	-0,134	-0,063	0,067	0,022
Кома	-0,130	0,046	0,051	0,018
Трефойл	-0,283	0,056	0,051	0,022
Други	-0,042	0,032	0,029	0,013

4.5.3.6. Резултати в подгрупа 2В - анализ на време на разкъсване на слъзен филм

В група 2В при анализ на времето за разкъсване на слъзния филм е установено средно време за разкъсване от 11,05 сек. (1-17 сек).

При изследване на втора седмица има намаление във времето до средно 6,69 сек. (1,2-17 сек.), влошаване от 4,36 сек. На трети месец се установява подобрене от изходната ниво до 10,09 сек. (1,7-17 сек.) – с 3,4 сек., с нива вече близки до предоперативните.

На 6-и месец се наблюдава подобрието във времето на разкъсване до 13,12 сек.(2,3-17 сек.) или с 6,43 сек. спрямо втора седмица. При сравнение с изходното ниво се установява подобрене със средно 2,02 сек. в тази подгрупа.

4.5.4 Обсъждане на резултатите от група 2

Най-добре коригирана зрителна 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 роговичини 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 в група 3 пациенти имплантирани с 2 вида мултифокални ВОЛ

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. Сравнение на група 3 с група 1

При сравнение BCDVA на популацията от 3-та група с контролната група се установява статистически значимо подобрение в група 3 на 3-и и 6-и постоперативен месец спрямо контролата представени в таблици 4.6.а и 4.6.в. Този резултат е значим, но се вземат под внимание и по-високите нива на пред перативна зрителна острота в група 3 спрямо 1.

Табл. 4.6.а

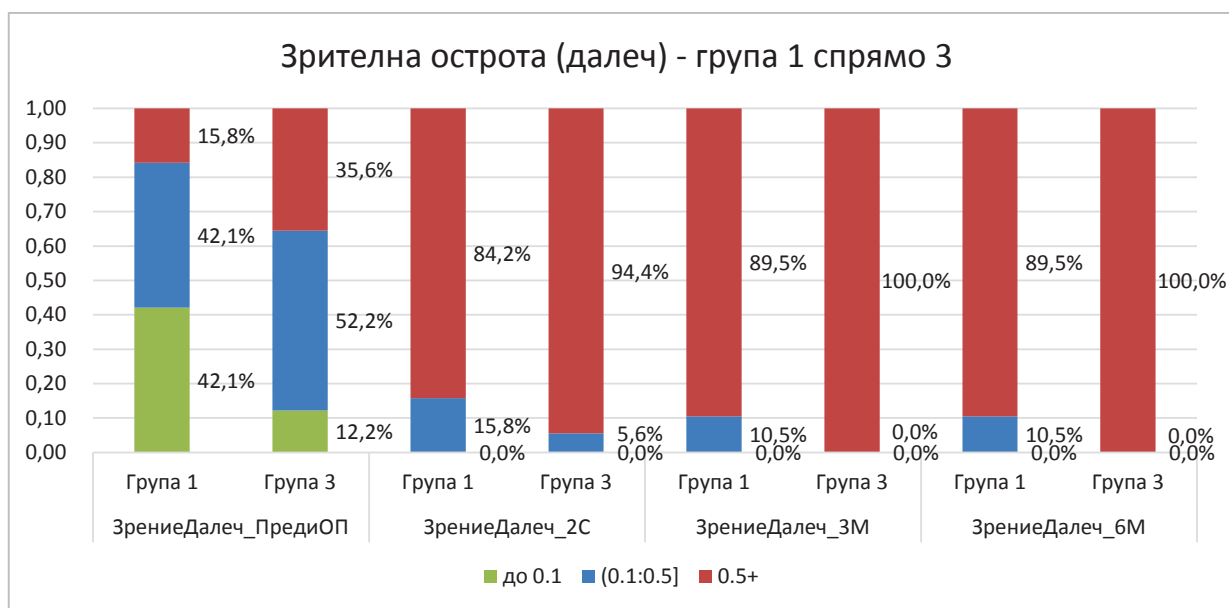
Група 1 спрямо 3	ПОП	2С	3М	6М
p**	0,1596	0,2845	0,0303	0,0303

Табл. 4.6.в

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.а 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.а



В група 3 се установява значимо подобрение в параметъра на най-добре коригирана зрителна острота за близо във всички периоди.

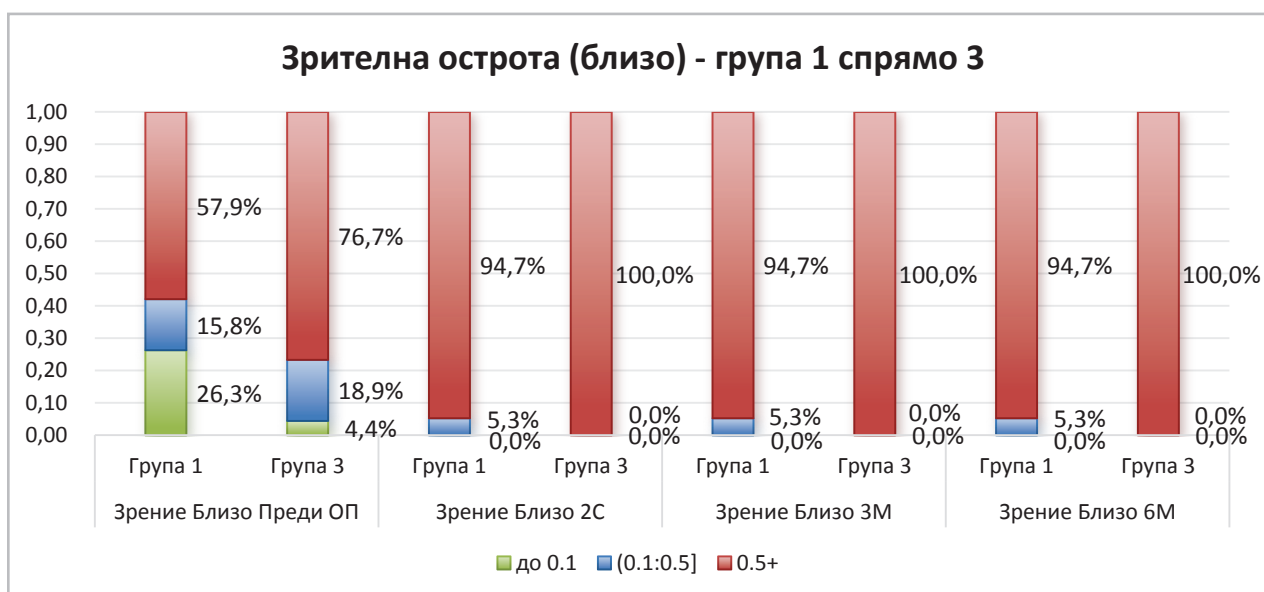
Направи се корелационен анализ на Спирман (таб. 4.6с) за сравнение на резултатите получени в група 1 и 3. Не се установи значима разлика в анализа на двете групи.

Табл. 4.6с

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

На фигура 4.6 в е представен сравнителният анализ на двете групи във всички периоди на проучването. Динамиката и разпределението се запазват стабилни, установява се математически по-добър резултат при очите с мултифокални ВОЛ.

Фиг. 4.6в



Анализ на контрастна чувствителност

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

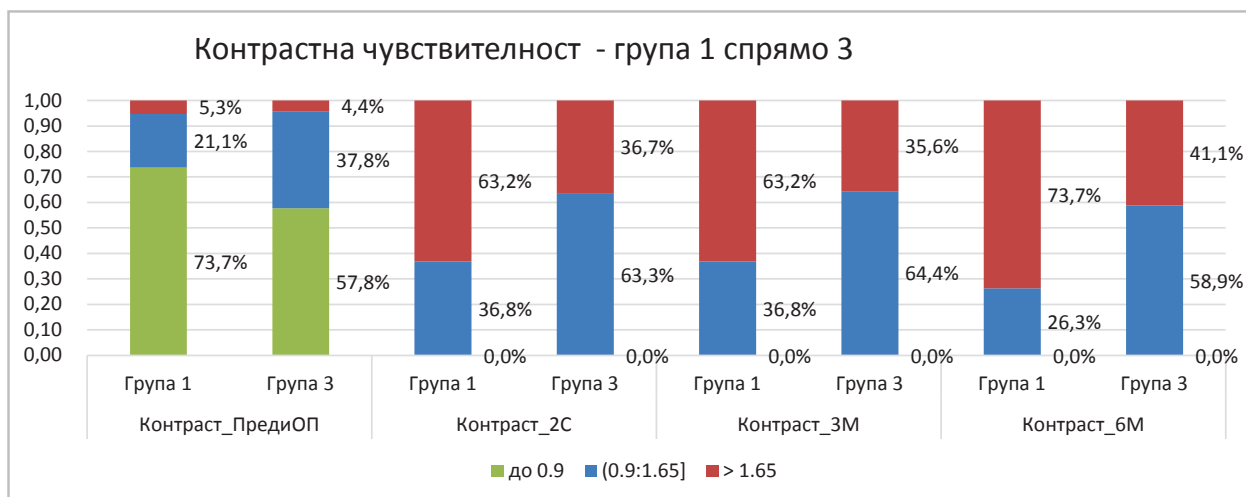
От направения корелационен анализ на Спирман спрямо група 1 в това проучване се потвърждава заключението, че МФ ВОЛ осигуряват по-ниска КЧ на пациентите след оперативно лечение в сравнение с монофокалните такива. Статистическа разлика между двете групи се установява на 3- и 6-и месец след операция.

Табл. 4.6d

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

Фигура 4.6с показва резултатите от проследяването в динамика между група 1 и 3 във всички периоди на проучването и разликата в този параметър – 73,7% от очите в група 1 са с КЧ над 1,65 на 6-и месец в сравнение с 41,1% от група 3.

Фиг. 4.6.с



4.6.2. Резултати в подгрупа 3А пациенти имплантирани с хибридна МФ ВОЛ

В подгрупата са включени 35 очи имплантирани с един вид хибридна МФ рефрактивна ВОЛ.

4.6.2.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

Средната най-добре коригирана зрителна острота на далечно разстояние (BCDVA) преди операция на катаракта в групата е $0,571 \pm 0,15$ с диапазон от минимум 0,2 до максимум 1,0.

Таб.4.6.2.1

Данни	Стойност
Средна стойност	0.571
Стандартно отклонение	0.15
Минимум	0.2
Максимум	1.0
Медиана	0.55

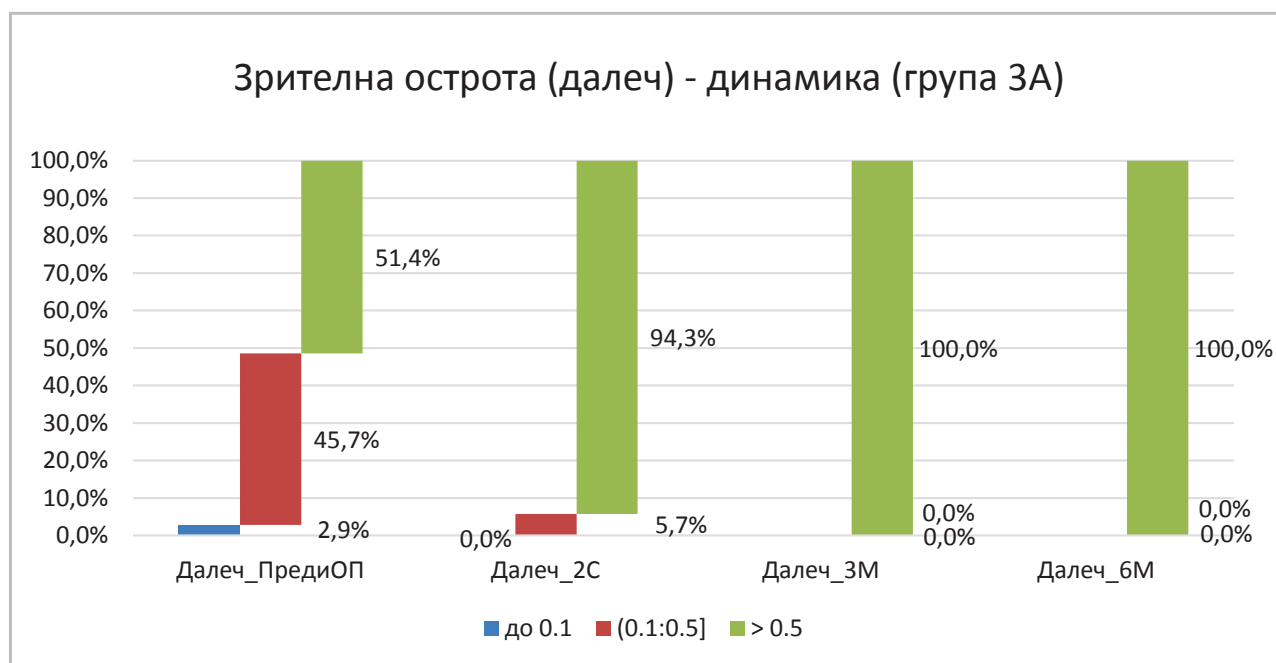
От включените в тази група 35 очи има 6 с висока миопия над -6,5Д, като 2 са с миопия над -10 Д. Предоперативно няма очи с BCDVA под 0,1. Средната зрителна острота на втора седмица след операцията е 0,8.

От направения анализ се установява значително подобрене от първи до втори период на проследяване. В група 3А се наблюдава значимо по-висок дял на пациенти със зрителна острота пред оперативно от 0.5 и нагоре, което се дължи на по-големият брой очи с направена рефрактивна корекция. Посоката и динамиката на подобрене е еднаква в цялата група. Резултатите са представени в таблица 4.6.2.1 а, а динамиката в прилежащата графика.

Таб.4.6.2.1а

Зрителна острота група 3А	Зрение Далеч Преди ОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	1	2,9%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	16	45,7%	2	5,7%	-	-	-	-
> 0.5	18	51,4%	33	94,3%	35	100,0%	35	100,0%
Общо валидни	35	100%	35	100%	35	100%	35	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0003	0,0000	0,0000	0,4731	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,0001	0,0000	0,0000	0,4731	1,0000	1,0000		

Фиг. 4.6.2.1



На 2-ра седмица 94,3% вече са в категорията със зрение над 0,5, като достигат до 100% при 3-и месец и се запазва до 6-и месец. Тази тенденция се наблюдава в цялата 3-а група.

4.6.2.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние

Анализът на резултатите от изследването на най-добре коригираната зрителна острота за близо в изследваната популация има средна стойност от $0,82 \pm 0,10$ в предоперативното изследване. Минималната регистрирана BCNVA е 0,05, докато максималната - 1,0, което показва широк диапазон сред изследваните очи.

Фигура 4.6.2.2 показва средното разпределението на стойностите в подгрупа 3А.

Табл. 4.6.2.2

Данни	Стойност
Средна BCNVA	0.82
Стандартно отклонение	0.10
Минимална BCNVA	0.05
Максимална BCNVA	1.00
Медиана	0.85

Зрителната острота за близо в тази група показва най-голям дял на очи с пред оперативни стойности от над 0,5 – 32 очи (91,4%) от популацията. При останалите - 1 е със зрение до 0,1, 2 очи от 0,1-0,5.

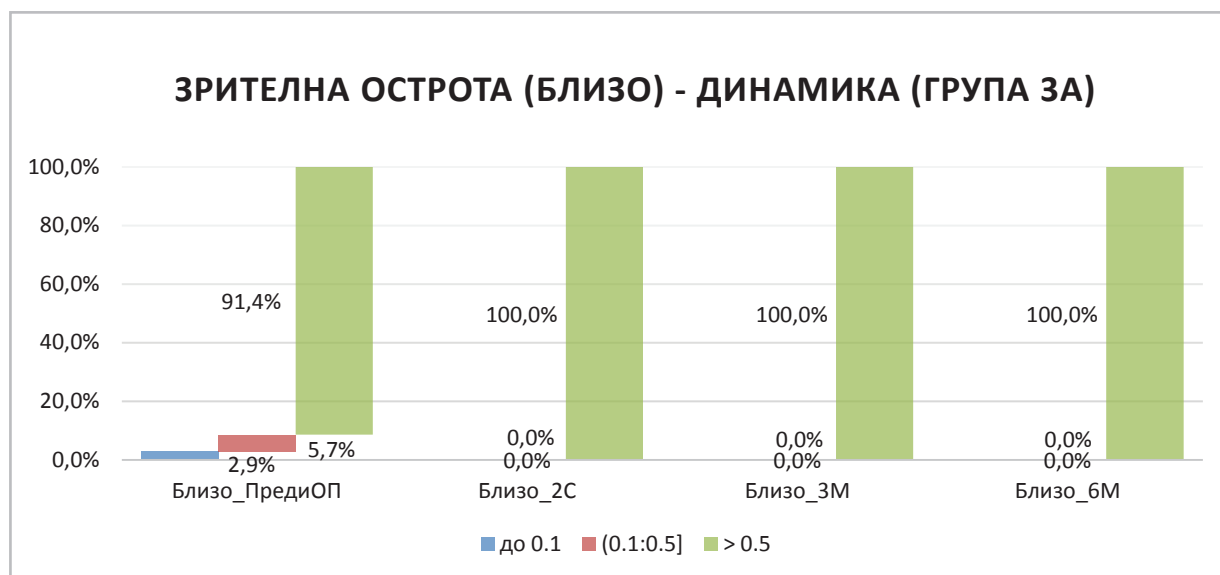
От направения статистически анализ на Фишер група 3А показва различна от общата за цялата популация динамика. Не се установява статистически значимо подобрение в нито един постоперативен период. Този резултат се дължи на обстоятелството, че тази група преди оперативното лечение е имала много повече пациенти в групата над 0.5. Ето защо подобрението не е толкова значимо и не се регистрира в анализа представен в таблица 4.6.2.2а.

Табл. 4.6.2.2а

Зрителна острота група 3а	Зрение Близо Преди ОП		Зрение Близо 2С		Зрение Близо 3М		Зрение Близо 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	1	2,9%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	2	5,7%	-	-	-	-	-	-
> 0.5	32	91,4%	35	100,0%	35	100,0%	35	100,0%
Общо валидни	35	100%	35	100%	35	100%	35	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,4731	0,4731	0,4731	1,0000	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,2379	0,2379	0,2379	1,0000	1,0000	1,0000		

Динамиката в групата на фигура 4.6.2.2 показва очакваната стабилност в хода на проследяването. След операцията 100% от очите са със зрение над 0,5, параметър който се запазва стабилен до 6-и постоперативен месец.

Фиг. 4.6.2.2



4.6.2.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см) разстояние

Анализът на Фишер за най-добре коригирана зрителна острота за средно разстояние показва стабилност във времето на проследяването. На втора седмица след оперативното интервенция 65,7% (23 очи) 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.

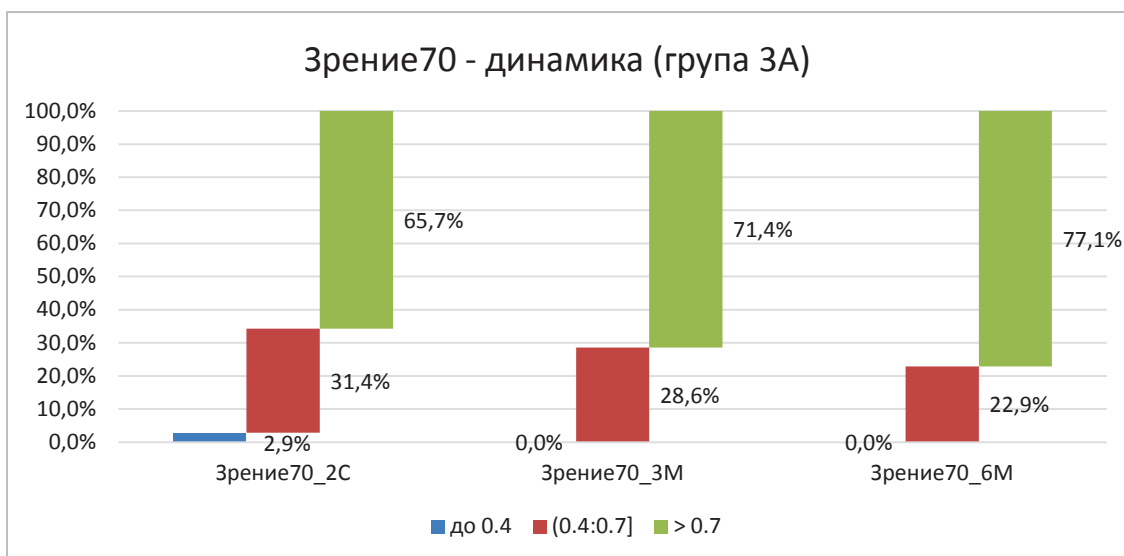
От статистическият анализ не се установява значима разлика в периодите на проследяване, но се наблюдава математическо подобрене към 6-и постоперативен месец. Анализът е представен в таблица 4.6.2.3

Табл. 4.6.2.3

Зрение 70 ЗА	Зрение70_2С		Зрение70_3М		Зрение70_6М	
	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.4	1	2,9%	-	-	-	-
(0.4:0.7]	11	31,4%	10	28,6%	8	22,9%
> 0.7	23	65,7%	25	71,4%	27	77,1%
Общо валидни	35	100%	35	100%	35	100%
p*	1-2	1-3	2-3			
до 0.4	1,0000	1,0000	1,0000			
(0.4:0.7]	1,0000	0,5909	0,7845			
> 0.7	0,7968	0,4273	0,7845			

От динамиката на групата се установява стабилна тенденция на подобрене на най-добре коригираната зрителна острота за средно разстояние в подгрупа ЗА, представена на фигура 4.6.2.3.

Фиг. 4.6.2.3



4.6.2.4. Анализ на контрастна чувствителност

В подгрупа А от анализа на КЧ се установява, че предоперативно разпределението в групите до 0,9 и 0,9-1,65 е еднакво - 17 очи (48,6%). Само 1 от изследваните очи е с КЧ над 1,65 преди операция.

Средната КЧ предоперативно е 0,99, показващо, че по-голямата част от пациентите са имали нарушение в този параметър преди оперативното лечение.

Табл. 4.6.2.4

Данни	Стойност
Средна КЧ	0.991
Стандартно отклонение	0.25
Минимална BCNVA	0.0
Максимална BCNVA	1.8

От статистическият анализ на Фишер се установява подобрене на КЧ в цялата подгрупа на втора оперативна седмица, където 65,7% (23 очи) са с КЧ 0,9-1,65 и 34,3% са подобрене в стойности близко до нормалната КЧ.

На 2-ра седмица средната КЧ вече е 1,65 (1,2-1,8) в подгрупата, показвайки значимо подобрене в сравнение с нивата преди операцията за катаракта.

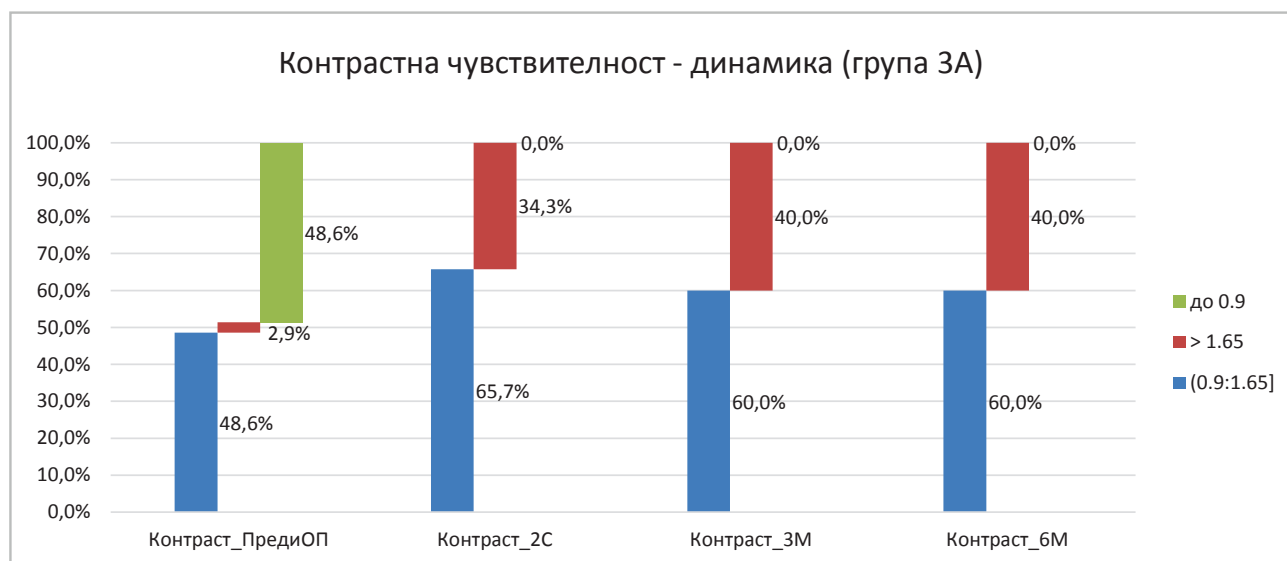
От направеното сравнение по периоди не се установява значима промяна в този параметър от 2-ра седмица към 3- и 6-и месец.

Табл. 4.6.2.4а

Контрастна чувствителност група 3А	КЧ Пре ОП		КЧ 2С		КЧ 3М		КЧ 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	17	48,6%	-	-	-	-	-	-
(0.9:1.65]	17	48,6%	23	65,7%	21	60,0%	21	60,0%
> 1.65	1	2,9%	12	34,3%	14	40,0%	14	40,0%
Общо валидни	35	100%	35	100%	35	100%	35	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]	0,2272	0,4717	0,4717	0,8046	0,8046	1,0000		
> 1.65	0,0021	0,0005	0,0005	0,8046	0,8046	1,0000		

На фигура 4.6.2.4 е представена динамиката в периодите на проследяване. Наблюдава се запазване на нивата на разпределение на очите в дадените дялове на КЧ до 6-и постоперативен месец.

Фиг. 4.6.2.4



Въпреки общите подобрения, по-голямата група очи остава в границите на 0,9-1,65 контрастна чувствителност след операцията.

4.6.2.5. Анализ на роговични аберации (РА)

В подгрупа 3А при 77,1% от очите се установиха аберации преди оперативната интервенция, като най-често срещани са дефокус в 25 очи (67,6%), кома – 8очи (21,6%), трейфойл – 4 очи (10,8%).

В постоперативния период на 2-ра седмица се установи намален брой очи с аберации - 17,1%, с най-голям процент очи с дефокус – 5 очи (71,4%).

От направения статистически анализ се установява значимо подобрение в наличието на РА, към 2-ра седмица, 3-и и 6-и месец в цялата подгрупа. При сравнение на резултатите от втора седмица към следващите постоперативни периоди не се установява значимо подобрение. Към 6-и месец се установяват 2 очи с дефокус. В таблица 4.6.2.5 е представен анализ на Фишер.

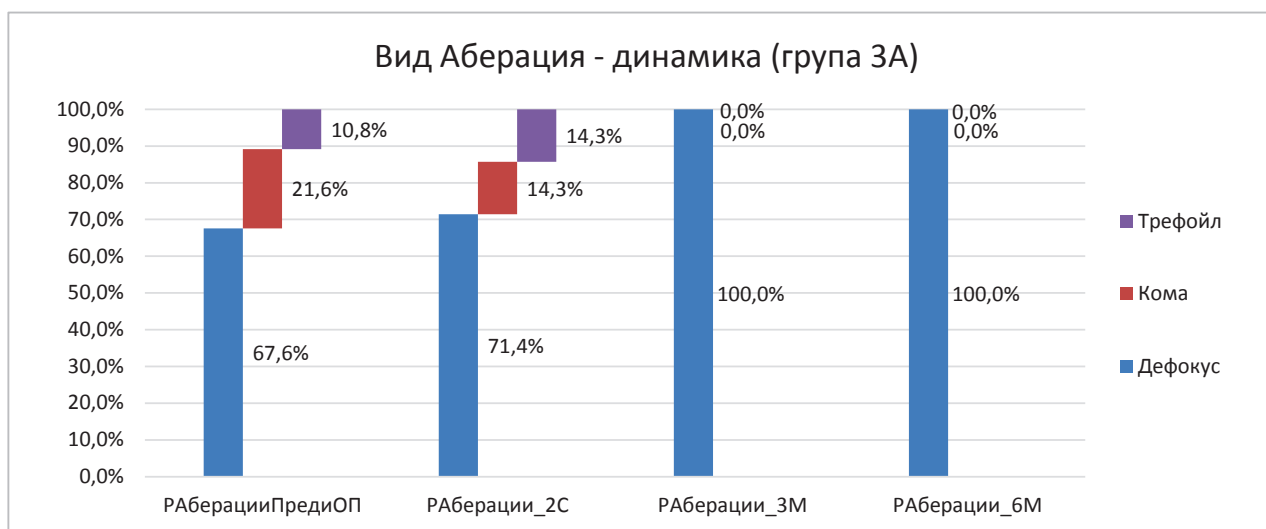
Табл. 4.6.2.5

Аберации група 3А	Аберации Пре ОП		Аберации 2С		Аберации 3М		Аберации 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	27	77,1%	6	17,1%	3	8,6%	2	5,7%
Дефокус	25	67,6%	5	71,4%	3	100,0%	2	100,0%
Кома	8	21,6%	1	14,3%	-	-	-	-
Трефойл	4	10,8%	1	14,3%	-	-	-	-
Други	-	-	-	-	-	-	-	-
Общо РАберации	37	100%	7	100%	3	100%	2	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Пациенти с Аберации	0,0000	0,0000	0,0000	0,4751	0,2597	1,0000		
Дефокус	1,0000	0,6003	0,8560	0,8630	1,0000	1,0000		
Кома	1,0000	0,8807	1,0000	1,0000	1,0000	-		
Трефойл	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-		
Други	-	-	-	-	-	-		

От динамиката в подгрупа 3А се потвърждава заключението от статистическия анализ на подобрение във всички периоди на проследяване в проучването с останали 5,7% с налични РА. Въпреки липсата на статистическа значимост се наблюдава математическо подобрение.

На фигура 4.6.2.5а е представено разпределението на РА по вид, в подгрупа 3А в периода на проучването. От графиката може да се направи заключението, че най-голям дял РА са дефокус, което потвърждава наблюдението от общата популация.

Фиг. 4.6.2.5а



С цел да се установи наличие на корелация между по-ниска най-добре коригирана зрителна острота за далеч и наличие на РА беше направен непараметричен корелационен анализ на Спирман.

От наличните в подгрупата аберации се установи негативна корелация на трефойл с по-ниско зрение в предоперативния анализ. Към втора седмица не се установява наличие на корелация, според авторите се дължи на намалението на броя очи с налични аберации и изразеното подобрене на BCDVA в цялата подгрупа. За 3-и и 6-и месец корелация не може да се изчисли, поради малкия брой очи с налични аберации и липсата на вариация.

Табл. 4.6.2.5а

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	-	-	-	-

4.6.2.6. Анализ на време за разкъсване на слъзния филм

Стабилността на слъзния филм, измерена чрез времето за разпадане на сълзата (ТВУТ). Операцията на катаракта може да доведе до преходна нестабилност на слъзния филм, като възстановяването обикновено настъпва през следващите месеци.

Времето за разкъсване на слъзния филм се измери предоперативно, в подгрупата средно: $11,43 \pm 3,1$ секунди (1,1-17 сек.), отразявайки стабилни предоперативни стойности на слъзния филм, въпреки че не всички очи достигат до приеманите за нормални 15 сек. Малка част от очите (15%) показват гранични стойности на ТВУТ (<6 сек.), което предполага субклинично сухо око.

От направените на 2-ра седмица след операцията измервания се установи скъсяване на ТВУТ до средно: $7,53$ секунди $\pm 2,8$ секунди (1,2-17 сек.) – влошаване от 3,9 сек.

За близо 30% от очите са установени стойности на ТВУТ <6 сек., в съответствие с леки

до умерени симптоми на сухота в очите.

Следоперативно TBUT на 6 месец се възстанови до $12,75 \pm 3,4$ секунди (5,3–17 сек.), показвайки подобрене с 1,32 секунди (95% CI: 4,8–5,6) в сравнение с преди оперативната средна стойност. Наблюдава се по-широк диапазон от стойности на TBUT, като 90% от пациентите постигат TBUT >9 секунди. Средното подобрене в този параметър от 2 седмица до 6 месеца е от 5,22 секунди.

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.

4.6.3 Група 3В - пациенти имплантирани с дифрактивна МФ ВОЛ

Към група 3В спадат 55 очи имплантирани с дифрактивна МФ ВОЛ. В популацията има 5 очи с clear-lens екстракция, и 1 око с висока миопия -10,0Д преди оперативната интервенция

4.6.3.1. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за далечно разстояние

От изследването на BCDVA преди операция са установиха 4 очи със зрение под 0,1.

Средната пост оперативна зрителна острота е 0,82 на 2-ра седмица. От анализа на Фишер се наблюдава същата тенденция както в цялата 3-а група - значимо подобрене във всички периоди със стабилна тенденция за подобрене на зрението на 3-и и 6-и месец, където 100% от изследваните са с BCDVA над 0,5. В сравнение с предоперативното състояние където този процент е 25,5%.

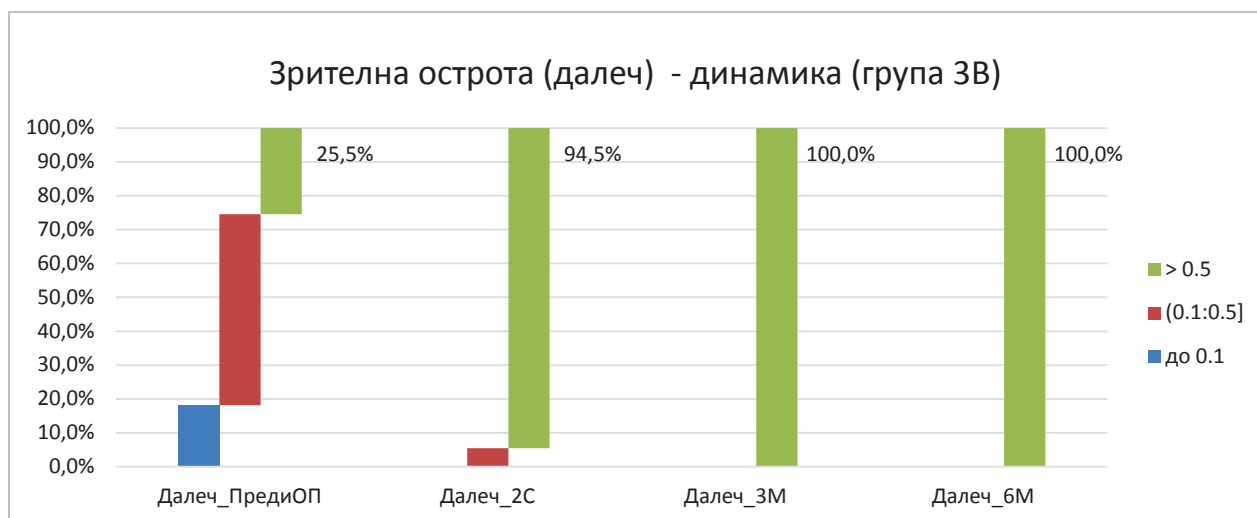
Анализът е представен в таблица 4.6.3.1, динамиката в прилежащата графика 4.6.3.1

Табл. 4.6.3.1

Зрителна острота група 3В	Зрение Далеч ПреОП		Зрение Далеч 2С		Зрение Далеч 3М		Зрение Далеч 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	10	18,2%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	31	56,4%	3	5,5%	-	-	-	-
> 0.5	14	25,5%	52	94,5%	55	100,0%	55	100,0%
Общо валидни	55	100%	55	100%	55	100%	55	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,0028	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0000	0,0000	0,0000	0,2417	0,2417	1,0000		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	0,2417	0,2417	1,0000		

Вижда се, че тенденцията за подобрене е еднаква във всички периоди на проследяване на пациентите.

Фиг.4.6.3.1



4.6.3.2. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за близко разстояние

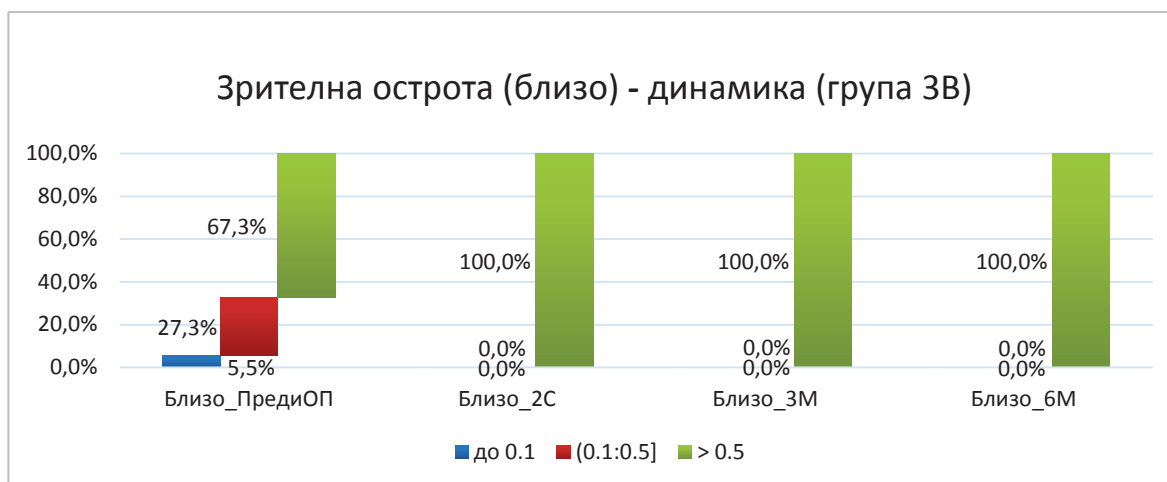
От получените резултати от теста на Фишер се установява статистически значимо подобрение на BCNVA в подгрупа ЗВ, което съвпада с наблюдаваните в цялата група 3 резултати. Подобрението се запазва стабилно във всички периоди на проследяване, като към втора седмица вече 100% от очите спадат към групата със зрителна острота над 0,5. Данните са показани в табл. 4.6.3.2

Табл. 4.6.3.2

Зрителна острота група ЗВ	Зрение Близко ПреОП		Зрение Близко 2С		Зрение Близко 3М		Зрение Близко 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.1	3	5,5%	-	-	-	-	-	-
(0.1:0.5]	15	27,3%	-	-	-	-	-	-
> 0.5	37	67,3%	55	100,0%	55	100,0%	55	100,0%
Общо валидни	55	100%	55	100%	55	100%	55	100%
p*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
до 0.1	0,2417	0,2417	0,2417	1,0000	1,0000	1,0000		
(0.1:0.5]	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	1,0000	1,0000		
> 0.5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		

На фигура 4.6.3.2 е представена динамиката на този параметър във времето на проследяването. Тя се запазва стабилна от 2-ра седмица до 6-и месец, потвърждавайки заключението че МФ лещи дават добро зрение за близко разстояние.

Фиг.4.6.3.2



4.6.3.3. Анализ на най-добре коригирана зрителна острота за средно (70 см) разстояние

Резултатите показват наличие на подобрение в зрението на средно разстояние в подгрупата, което обаче не е статистически значимо от напарвания анализ както се вижда от данните в таблица 4.6.3.3.

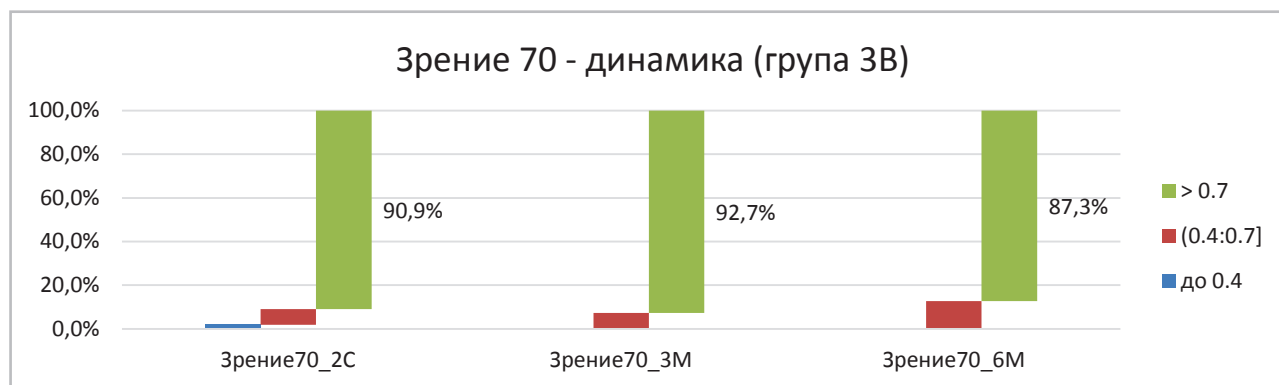
Табл. 4.6.3.3

Зрение 70 ЗВ	Зрение 70 2С		Зрение 70 3М		Зрение 70 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.4	1	1,8%	-	-	-	-
(0.4:0.7]	4	7,3%	4	7,3%	7	12,7%
> 0.7	50	90,9%	51	92,7%	48	87,3%
Общо валидни	55	100%	55	100%	55	100%
p*	1-2	1-3	2-3			
до 0.4	1,0000	1,0000	1,0000			
(0.4:0.7]	1,0000	0,5251	0,5251			
> 0.7	1,0000	0,7598	0,5250			

В нито един от периодите на проследяване не се наблюдава значима динамика в този параметър.

На фигура 4.6.3.3 е представена графично промяната в зрителната острота за средно разстояние.

Фиг. 4.6.3.3



4.6.3.4. Анализ на контрастна чувствителност

Преди операцията средната контрастна чувствителност в подгрупа ЗВ е 0,7 (1,8 - 0). След оперативната интервенция на втора седмица средната стойност е 1,63, на 3-и месец 1,65. Шест месеца след операцията средната контрастна чувствителност значително се подобри до 1,67 (1,9-1,0). Това представлява значително подобрение в цялата подгрупа, с 41,8% (23 очи) достигащи до КЧ над 1,65, наблюдава се равномерно подобрение, като повечето пациенти постигат високи резултати по-близо до максималните.

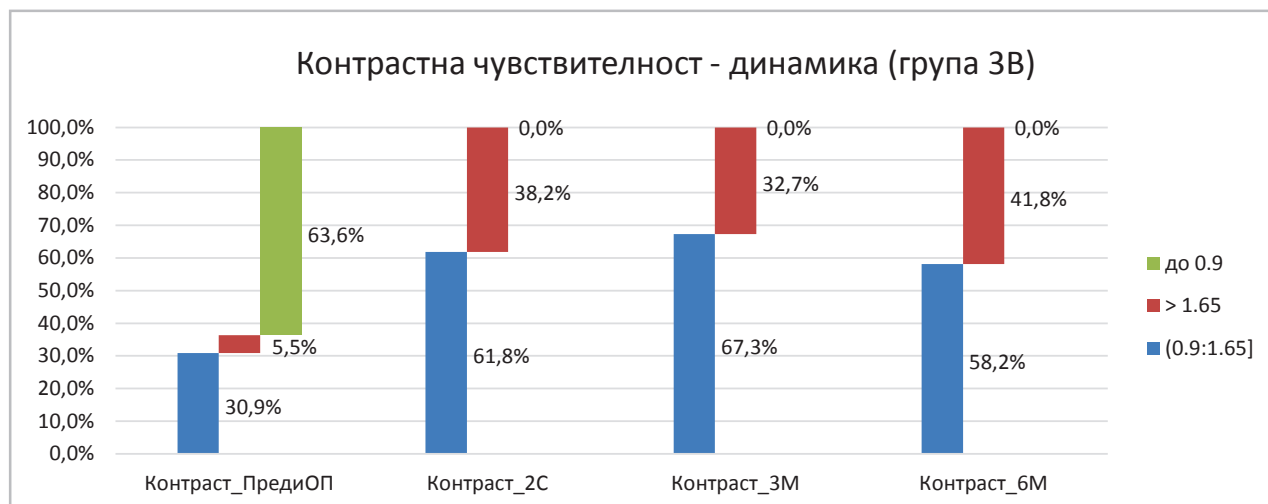
При анализ на Фишер се установи, че подобрението в контрастната чувствителност за следоперативните измервания е статистически значимо ($p < 0,05$). Подобрението се наблюдава във всички периоди при сравнение в сравнение с изходните стойности.

Направен е сравнителен анализ на КЧ на 2-ра седмица с 3-и и 6-и месец след операция, като не се установява значимо подобрение. На таблица 4.6.3.4 и фигурата към нея е представен статистическият анализ, значимите стойности са отбелязани в червено.

Табл. 4.6.3.4

Контрастна чувствителност група ЗВ	Контраст Пре ОП		Контраст 2С		Контраст 3М		Контраст 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
до 0.9	35	63,6%	-	-	-	-	-	-
(0.9:1.65]	17	30,9%	34	61,8%	37	67,3%	32	58,2%
> 1.65	3	5,5%	21	38,2%	18	32,7%	23	41,8%
Общо валидни	55	100%	55	100%	55	100%	55	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]	0,0022	0,0003	0,0072	0,6902	0,8457	0,4303		
> 1.65	0,0000	0,0006	0,0000	0,6902	0,8457	0,4303		

Фиг. 4.6.3.4



4.6.3.5. Анализ на роговични аберации

От предоперативното изследване в група 3В се установиха 33 очи с налични аберации, като най-голям дял от тях 31 (62%) са с дефокус, 12 (24%) са с кома и 4 (8%) с трейфойл.

На 2-ра седмица след оперативното лечение се установи намаление на очите с налични аберации до 10,9% (6 очи), най-голям дял са с дефокус 5 очи (41,7%).

Направи се анализ на Фишер и се установи статистически значимо подобрение към втора седмица, 3-и и 6-и месец в цялата подгрупа 3В спрямо изходните нива. От резултатите на анализа при разпределението по вид, аберацията трейфойл е единствената, при която се установява значимост, която се проявява при 3-и и 6-и месец след операцията за катаракта.

В таблица 4.6.3.5 са представени резултатите от направения анализ. При сравняване на резултатите от 2-ра седмица с 3-и и 6-и месец няма статистически значима разлика.

Табл. 4.6.3.5

Аберации група 3В	Аберации Пре ОП		Аберации 2С		Аберации 3М		Аберации 6М	
	брой	%	брой	%	брой	%	брой	%
Пациенти с РАберации	33	60,0%	6	10,9%	2	3,6%	2	3,6%
Дефокус	31	62,0%	5	41,7%	-	-	-	-
Кома	12	24,0%	3	25,0%	-	-	-	-
Трефойл	4	8,0%	4	33,3%	2	100,0%	2	100,0%
Други	3	6,0%	-	-	-	-	-	-
Общо РАберации	50	100%	12	100%	2	100%	2	100%
р*	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4		
Пациенти с РАберации	0,0000	0,0000	0,0000	0,2707	0,2707	1,0000		
Дефокус	0,3390	0,3089	0,3089	0,7327	0,7327	-		

Кома	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-		
Трефойл	0,0613	0,0042	0,0042	0,3211	0,3211	1,0000		
Други	0,9038	1,0000	1,0000	-	-	-		

За проверка за наличие на значимост се направи корелационен анализ на Спирман на наличните аберации спрямо най-добре коригираната зрителна острота за далеч, представен в таблица 4.6.3.5а и графика 4.6.3.5а, показваща динамиката в подгрупата.

Установи се негативна корелация на BCDVA в предоперативния период с наличие на аберации като цяло в популацията и по-специално с дефокус и кома [195]. Негативната корелация на параметрите показва негативното влияние на наличие на аберации върху зрителната острота и качеството на ретиналния образ.

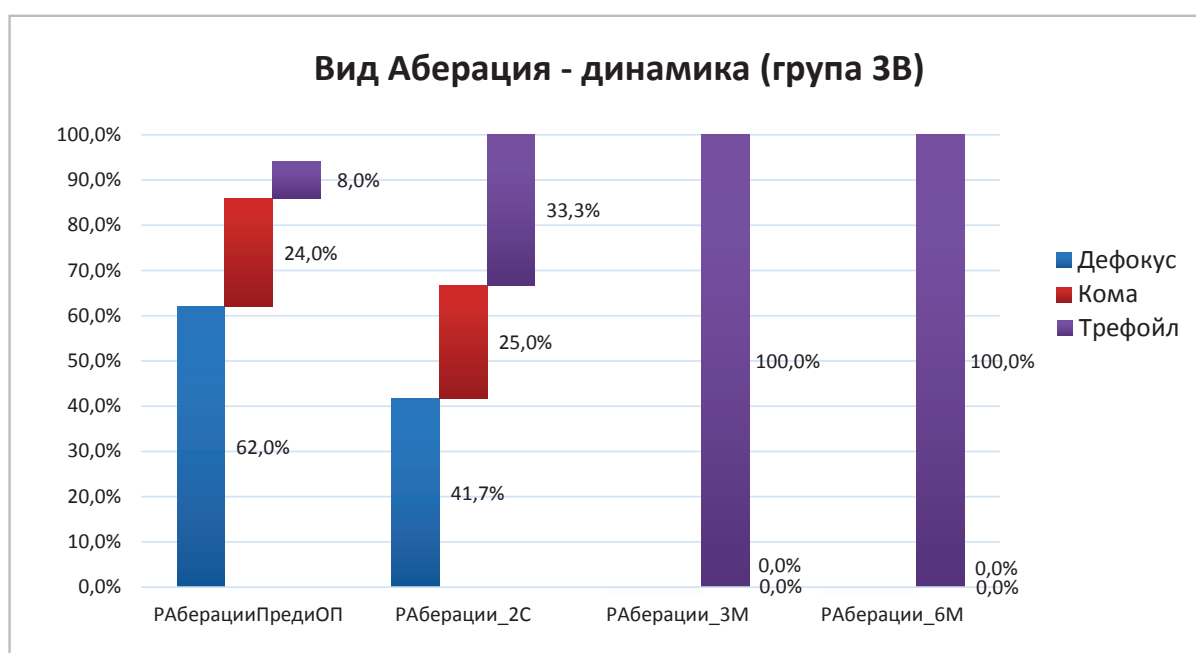
В постоперативния период се установи също значима негативна корелация към втора седмица на кома с BCDVA. Кома представлява аберация от висок ред, която в литературата се приема, че има доказано влияние върху качеството на ретиналния образ и зрителната острота [196].

Табл. 4.6.3.5а

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

При следващите постоперативни периоди (3-и и 6-и месец) корелация не може да се изчисли, поради липса на вариация.

Фиг. 4.6.3.5а



В динамиката на групата се наблюдават промяна в профила на наличните аберации, към 6-и месец след операцията има останали 2 очи с наличие на РА трефойл, която от статистическия анализ не се установява да има влияние върху качеството на зрението.

4.6.3.6. Анализ на време за разкъсване на слъзния филм

Времето за разкъсване на слъзния филм предоперативно е било средно: 11,9 секунди (1,7-17 секунди). От направените на 2-ра седмица след операцията измервания се установи скъсяване на ТВУТ до средно: 7,06 сек. (1,3-17 сек.) – влошаване с 4,84 сек., което потвърждава динамиката от общата популация за влошаване на ТВУТ в ранния следоперативен период.

На 6-и месец времето за разкъсване се възстанови до 12,72 секунди (3,7–17 сек.), показвайки подобрене с 0,82 секунди при сравнение с предоперативната средна стойност. От всички изследвани групи 3В показва най-слабо подобрене на този параметър.

4.6.4. 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.

Подобрието 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 подобрене 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 подобрене 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-големия 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 невродаптацията 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 трефойл, за 3В – трефойл 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].

5. 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 aberации в популацията и направения корелационен анализ потвърждават връзката между наличие на aberации 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 – aberация 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. Тъгъл 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. Тъгъл 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 Е-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.

6. 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 изведеха 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

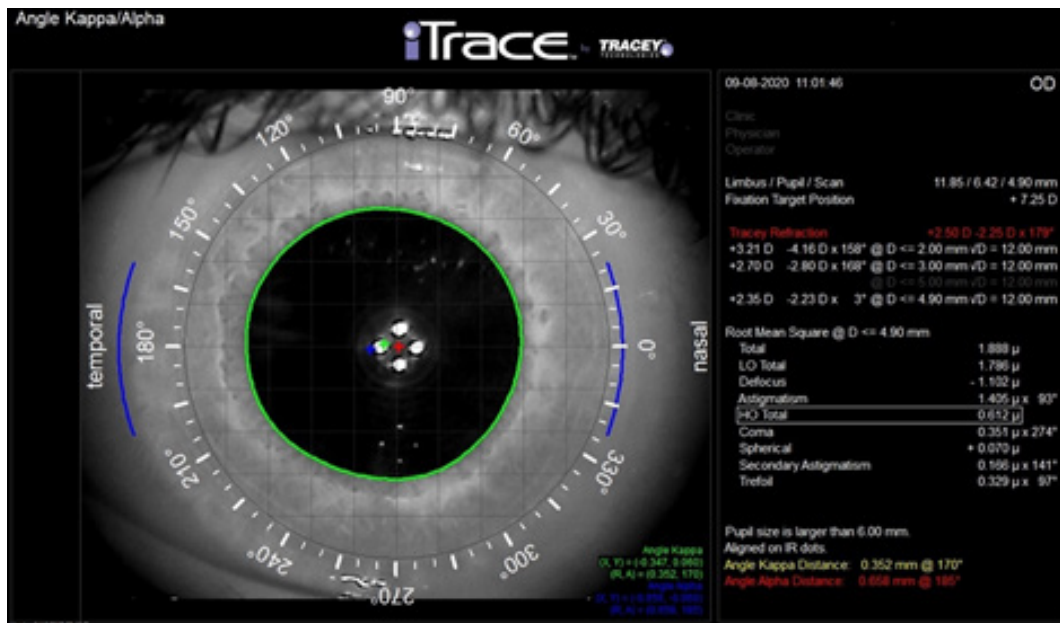
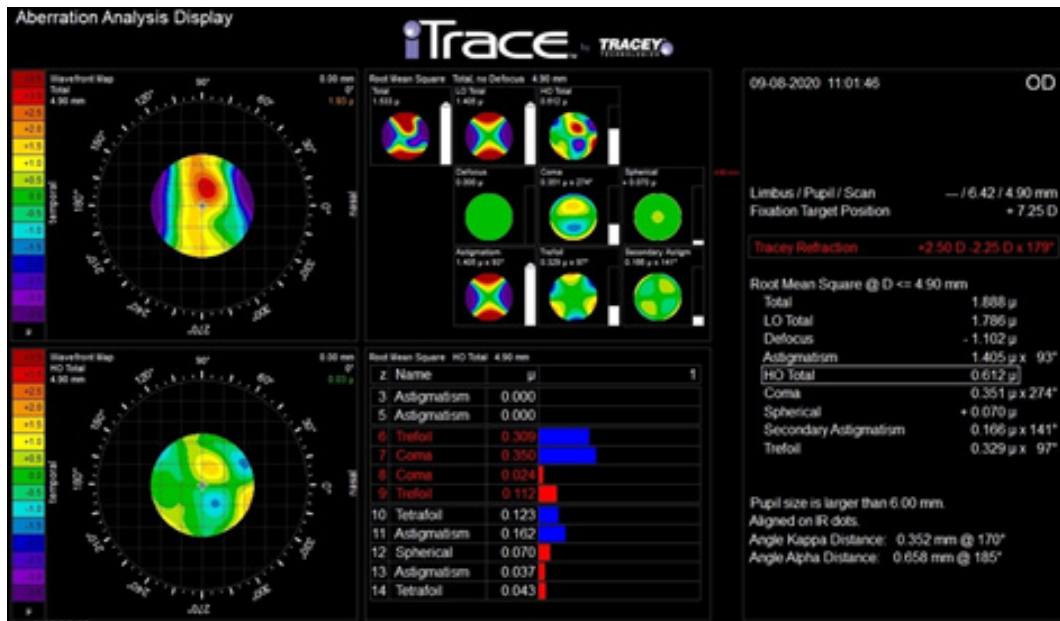
1. За оценка на влиянието на различни фактори върху качеството на ретиналния образ е направено мащабно проучване с проследени 199 пациенти – 246 очи, което го прави съпоставимо с другите проучвания по света.
2. За първи път е извършено едновременно сравнително проучване на множество фактори приети за 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

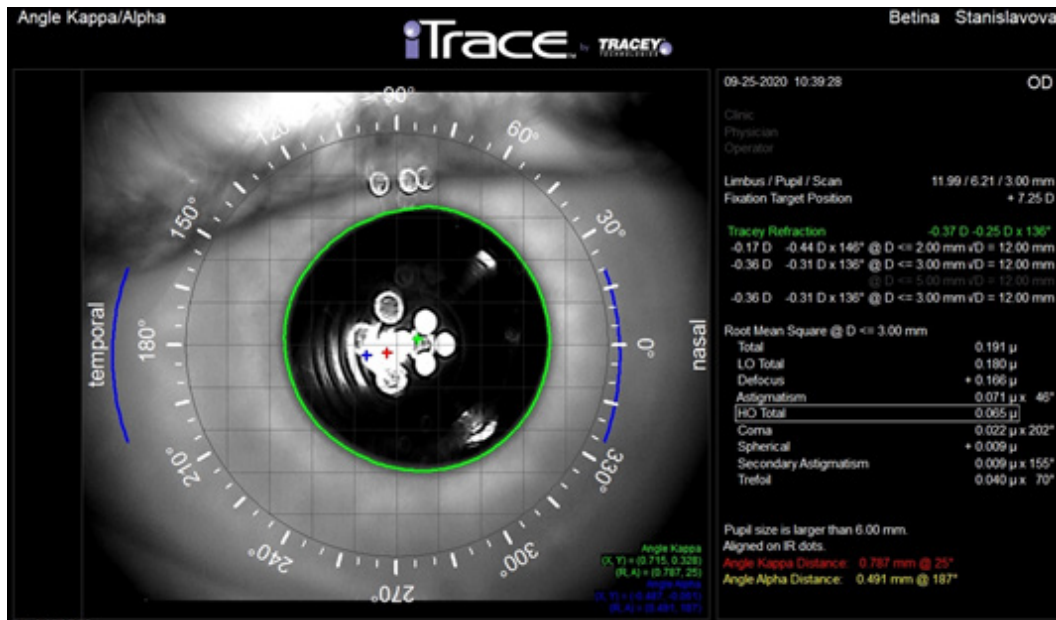
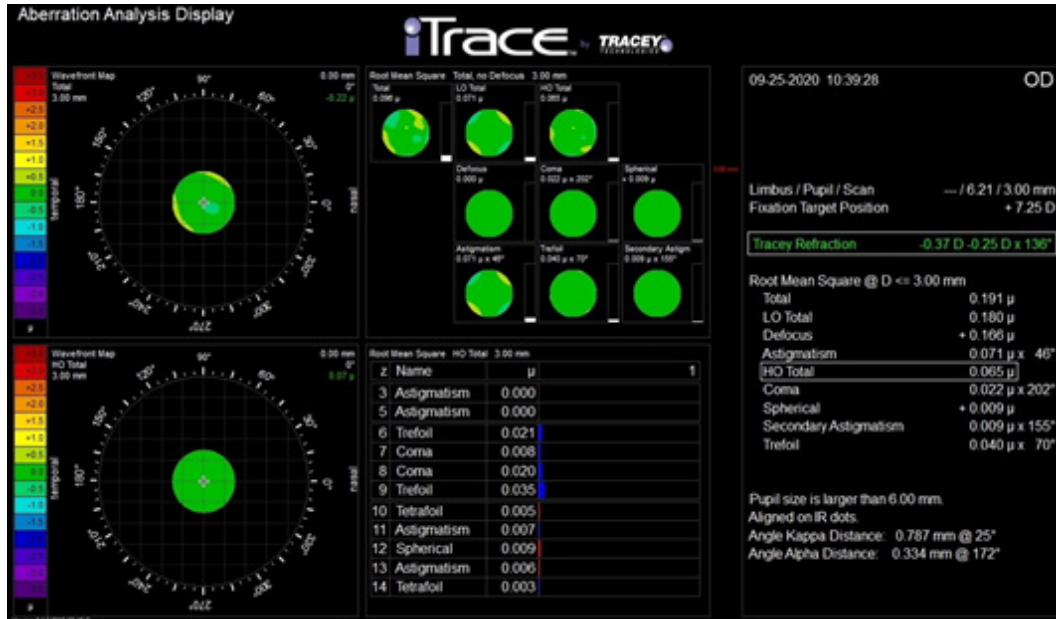
1. Получен е доказателствен материал в подкрепа на становището, че наличието на роговични аберации води до влошаване на качеството на ретиналния образ.
2. Получен е доказателствен материал в подкрепа на становището, че качеството на ретиналния образ се влияе от всички изследвани в проучването фактори,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

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пациент 1 преди оперативно лечение

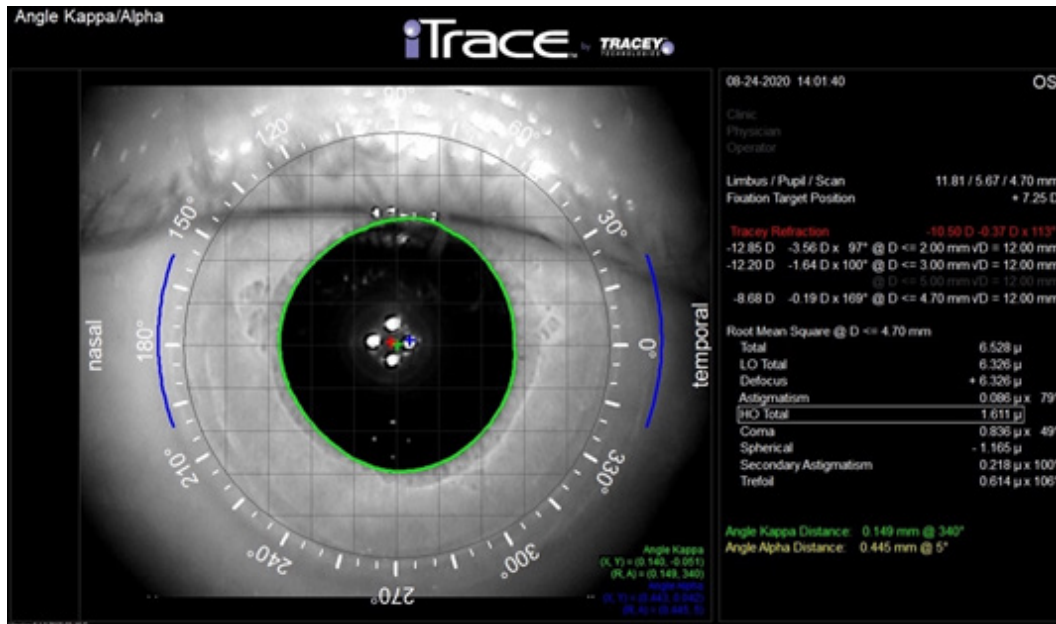


Пациент 1 след оперативно лечение

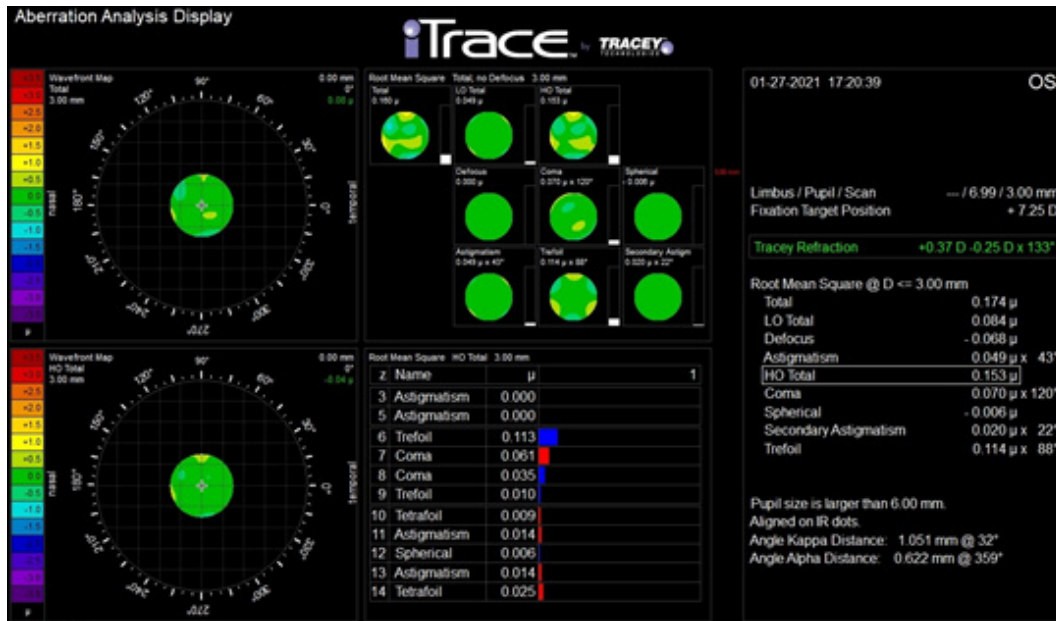


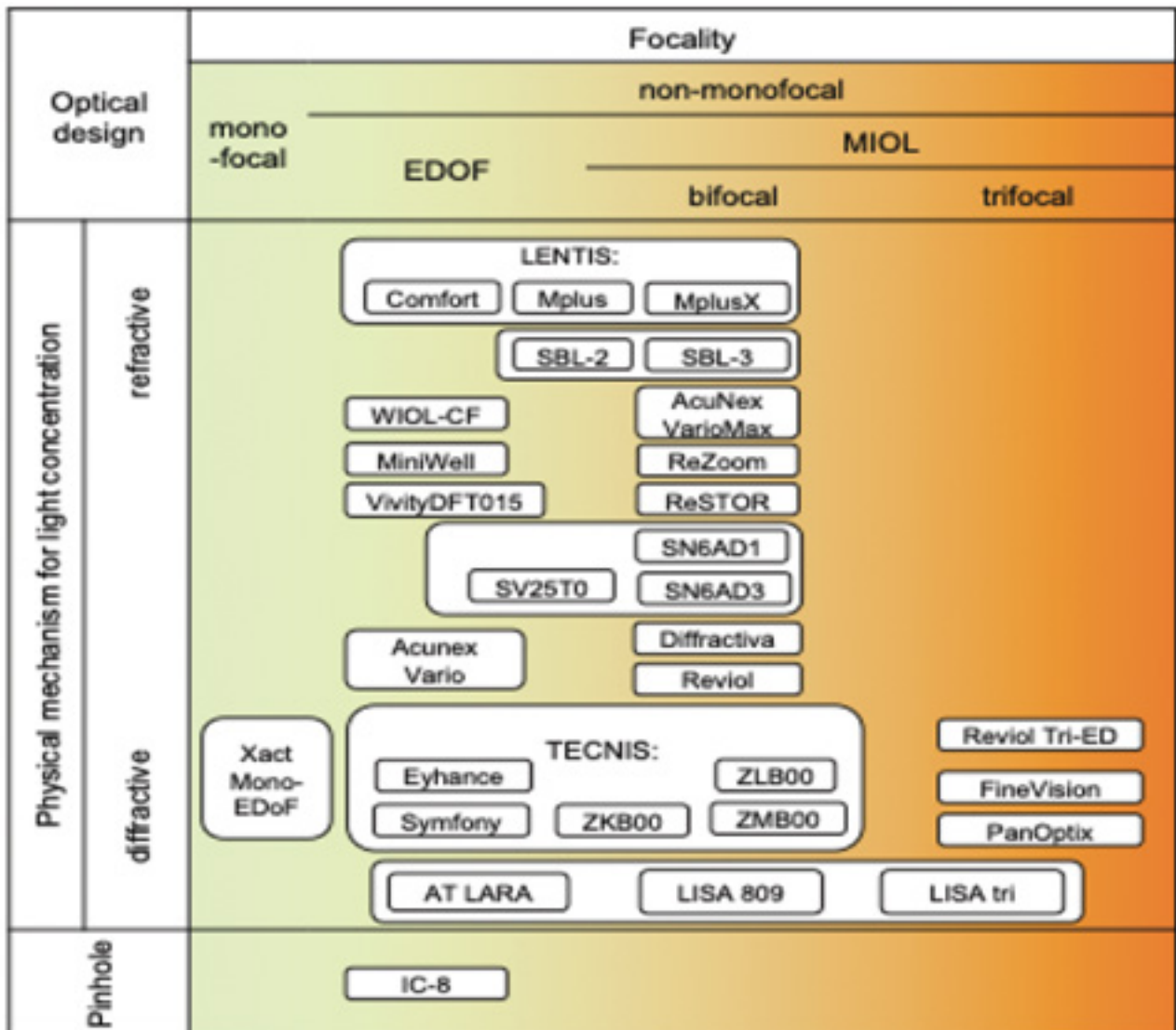
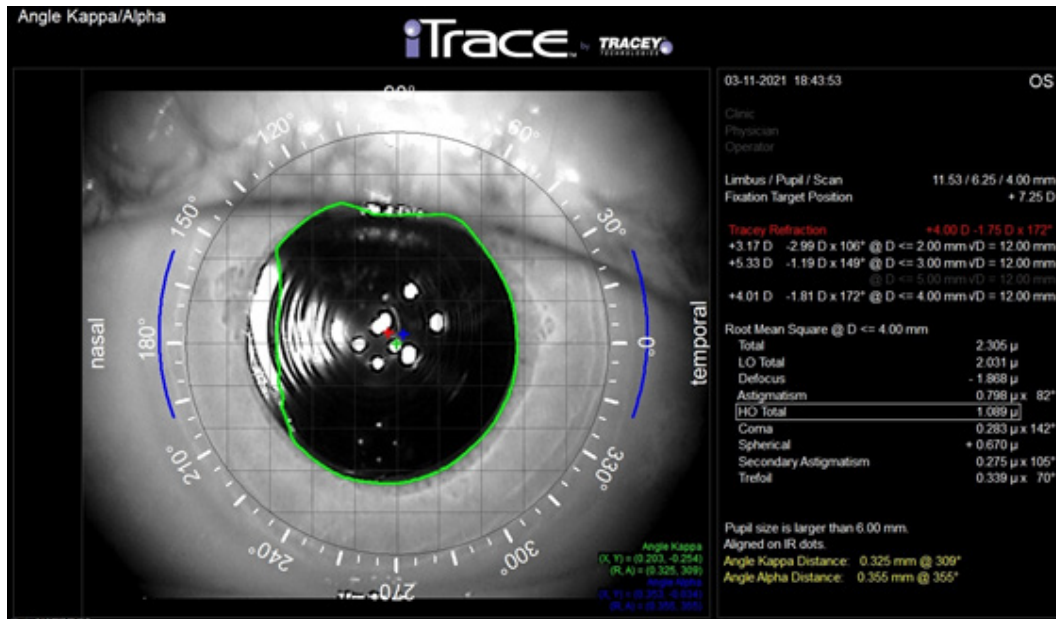
Пациент 2 преди оперативно лечение





Пациент 2 след оперативно лечение







Вид Леща	BCDVA	BCNVA	BCMVA	КЧ	Роговични аберации
Монофокална асферична	+++	+++	NA	+++	+++
ЕДОФ Тип 1	++	+++	++	++	+++
ЕОДФ Тип 3	+++	+++	+++	++	+++
Мултифокална хибридна	+++	+++	++	++	++
Мултифокална дифрактивна	+++	+++	+++	++	+

BIBLIOGRAPHY

- [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 Europe 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] Y. & U. T. Komai, "The three-dimensional organization of collagen fibrils in the human cornea and sclera," *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 32, no. 8, p. 2244–2258, 1991.
- [13] Y. S. Rabinowitz, "Keratoconus," *Survey of Ophthalmology*, vol. 42, no. 4, pp. 297-319, 1998.
- [14] A. A. o. B. a. C. S. C. *Ophthalmology, Section 11: Lens and Cataract*, USA: AAO, 2022-2023.
- [15] A. A. o. B. a. C. S. C. *Ophthalmology, Section 12: Retina and Vitreous*, USA: AAO, 2021.
- [16] 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.
- [17] WHO, "Blindness and vision impairment," 10 AUG 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] K. Boyd, "AAO," AAO, 16 OCT 2023. [Online]. Available: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-are-cataracts#causes>.
- [21] 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.
- [22] H. R. T. Catherine A. McCarty, "The Genetics of Cataract," *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 42, no. 8, pp. 1677-1678, 2001.

- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] T. K. I. M. G. Y. Kiziloprak H, "Cataract in diabetes mellitus. World J Diabetes," *World J Diabetes*, vol. 10, no. 3, pp. 140-153, 2019.
- [26] M. K. O. M. Carlson J, "Drugs associated with cataract formation represent an unmet need in cataract research," *Front Med (Lausanne)*, 2022.
- [27] G. C. B. A. T. A. Weikel KA, "Nutritional modulation of cataract," *Nutr Rev.*, no. 72, pp. 30-47, 2014.
- [28] 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>.
- [29] M. Ananya Mandal, "News Medical Life Sciences," 04 jul 2030. [Online]. Available: <https://www.news-medical.net/health/Cataract-Classification.aspx>.
- [30] A. K. W. A. S. A. G. Christopher T. Leffler1, "The history of cataract surgery: from couching to phacoemulsification," *Annals of translational medicine*, 2020.
- [31] Kelman, "Phaco-Emulsification and Aspiration: A New Technique of Cataract Removal: A Preliminary Report," vol. 191, no. xxx-xl, jul 2018.
- [32] 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.
- [33] P. A. Shah and S. Yoo, "Innovations in phacoemulsification technology," *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 18, no. 1, pp. 23-26, 2007.
- [34] A. Maalej, A. Khallouli, C. Wathek and R. Rannen, "Ozil® versus conventional ultrasound phacoemulsification," *International Ophthalmology*, vol. 35, no. 4, p. 565-568. , 2015.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] A. Agarwal and S. Jacob, "Current and effective advantages of femto phacoemulsification," *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 28, pp. 49-57, 2017.
- [38] 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.
- [39] P. Aristodemou, J. M. Sparrow and S. Kaye, "Evaluating Refractive Outcomes after Cataract Surgery.," *Ophthalmology*, vol. 126, no. 1, pp. 13-18, 2019.
- [40] 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.
- [41] 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.

- [42] 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.
- [43] . H. G. Hoffer KJ, "Comparison of 2 laser instruments for measuring axial length," *Cataract Refractive Surgery*, vol. 36, pp. 644-648, 2010.
- [44] W. Haigis, "Challenges and approaches in modern biometry and IOL calculation," *Saudi Journal of Ophthalmology*, 2012.
- [45] 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.
- [46] A. A. S. U. Devgan, "Mastering Lens Calculations: New Formulas and Comparisons," *Current Ophthalmology Reports*, 2018.
- [47] 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.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] 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.
- [51] 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.
- [52] T. Y. Chew, "Wavefront sensors in Adaptive Optics," UC library, 2008.
- [53] 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.
- [54] D. S. I. P. B. S. V. M. M. Y. S. W. M. a. I. G. P. M. Vasyl V Molebny, "Principles of Ray Tracing Aberrometry," *Journal of Refractive Surgery*, vol. 16, no. 5, pp. 572-575, 2013.
- [55] 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.
- [56] T. Olsen, "Calculation of intraocular lens power: a review," *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, vol. 85, pp. 472-485, 2007.
- [57] T. Olsen, "Sources of error in intraocular lens power calculation," . *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, vol. 18, no. 2, p. 125-129., 1992.
- [58] 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.
- [59] M. Thomas Olsen, "Prediction of the effective postoperative (intraocular lens) anterior chamber depth," *Journal of Catarat and Refractive Surgery* , vol. 32, pp. 419-424, 2006.

- [60] 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.
- [61] 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.
- [62] 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.
- [63] B. RD, "The optical design of intraocular lens implants," *Ophthalmic Surgery*, vol. 6, no. 3, pp. 17-31, 1975.
- [64] 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.
- [65] 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.
- [66] 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.
- [67] 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.
- [68] 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.
- [69] 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.
- [70] H. Hashemi, M. Khabazkhoob, F. Rezvan, A. Fotouhi, S. Asgari and M. Mirafteb, "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.
- [71] 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.
- [72] 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.
- [73] 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.
- [74] 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.
- [75] 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.
- [76] O. Reitblat, 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.

- [77] 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.
- [78] 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.
- [79] C. M. C. L. M. e. a. .. Hodge, "Intraocular lens power calculation following laser refractive surgery," *Eye and Vision*, vol. 2, no. 7, 2015.
- [80] 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.
- [81] 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.
- [82] L. B. M. N. S. B. Haigis W, "Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis.," *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* , vol. 283, pp. 765-773, 2000.
- [83] W. Haigis, "Intraocular lens calculation in extreme myopia," *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 35, no. 5, pp. 907-911, 2009.
- [84] B. GD, "Barrett universal II formula," *Asia-Pacific association of cataract and refractive surgeons*, Singapore, 2018.
- [85] G. D. Barrett, "Barrett universal II formula.A," *Asia-Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons*,, Singapore, 2018.
- [86] 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.
- [87] B. GD, "An improved universal theoretical formula for intraocular lens power prediction.," *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, vol. 19, pp. 713-720, 1993.
- [88] 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.
- [89] H. W., "The Haigis formula. In: Shammas HJ, editor. *Intraocular Lens Power Calculations*," Thorofare, NJ: Slack , pp. 41-57, 2004.
- [90] 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.
- [91] U. Unsal and H. Sabur, "Comparison of new monofocal innovative and standard monofocal intraocular lens after phacoemulsification," *Spinger*, 2020.
- [92] 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.
- [93] M. Uday Devgan, "Understanding extended depth of focus IOLs," *Ocular Surgery News* , 25 3 2021.
- [94] E. M.-B. Alió Jorge L., "Extended depth-of-focus IOLs: A review," *Ophthalmology Times Europe*, vol. 19, no. 5, pp. 14-16, 2023.
- [95] D. F. Alanna Nattis, "The Ultimate Guide to the Most Commonly Used IOLs," *Eyes On Eyecare*, 8 11 2021.

- [96] 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.
- [97] A. Stuart, "The Lowdown on High-Tech IOLs," *EyeNet Magazine*, October 2017.
- [98] 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.
- [99] 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.
- [100] Alcon, "MyAlcon," MyAlcon Professionals, 2022. [Online]. Available: <https://www.myalcon.com/international/professional/cataract-surgery/surgical-equipment/centurion/>.
- [101] S. S. G. A. Florian Kretz, "A Brief History of IOL Materials," *The Ophthalmologist*, 2014.
- [102] 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.
- [103] 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.
- [104] 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.
- [105] 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.
- [106] 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.
- [107] 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 .
- [108] 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," *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2018.
- [109] 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.
- [110] 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.
- [111] C. Rocha-de-Lossada, E. Colmenero-Reina, D. Flikier, F.-J. Castro-Alonso, A. Rodriguez-Raton, J.-L. García-Madronea, 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.

- [112] 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.
- [113] 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.
- [114] 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.
- [115] 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.
- [116] M. I. R. MarkPacker, “Contrast Sensitivity and Measuring Cataract Outcomes,” *Ophthalmology Clinics of North America*, vol. 19, p. 521–533, 2006.
- [117] 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.
- [118] J. Tatum, “Introduction to Optical Aberrations,” Library homepage physics.
- [119] G. Elert, “Aberration,” *The physics Hypertextbook*, 1998.
- [120] 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.
- [121] C. B. 3. By Zom-B at en.wikipedia, Artist, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15880824>. [Art]. en.wikipedia, 2024.
- [122] P. Gifford, “Understanding spherical aberration,” *Myopia Profile*, Canada.
- [123] F. S. D. A. Karimian F, “Higher-order aberrations in myopic eyes,” *J Ophthalmic Vis Res*, vol. 5, no. 3, p. 214, 2010.
- [124] 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.
- [125] 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.
- [126] 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.
- [127] M. Y. L. V. M. Hoon Jung, “Cataract Surgery Following Cornea Transplant,” *American Academy of Ophthalmology*, 2024.
- [128] M. F. A. M. C. M. M. Andrew Yazji, “Surgical Approach to Cataract Surgery with Keratoconus,” *American Acaedmy of ophthalmology*, 2024.
- [129] 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.
- [130] 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.
- [131] 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.

- [132] 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.
- [133] 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.
- [134] 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.
- [135] 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.
- [136] 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.
- [137] Rudkovskaya, " Neuroadaptation to multifocal intraocular lenses: A new approach to solving the problem," Journal of Neurology & Stroke, vol. 12, no. 2, 2022.
- [138] 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.
- [139] 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.
- [140] 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.
- [141] S. G. V. G. D. K. P. S. Ayushi Sinha, "iTrace – A Ray Tracing Aberrometer," Delhi J Ophthalmol , vol. 30, pp. 72-75, 2019.
- [142] T. Technologies, "Tracey Technologies," Tracey Technologies , [Online]. Available: <https://www.traceytechnologies.com/itrace-ophthalmic-technology/>.
- [143] 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.
- [144] 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.
- [145] V. S. M. C. Arba Mosquera S, "Centration axis in refractive surgery," Eye and Vision, vol. 24, no. , pp. 2-4, 2015.
- [146] Z. O. Website, "Zeiss Official website," Zeiss, [Online]. Available: <https://www.zeiss.com/meditec/en/products/optical-biometers/iolmaster-700.html>.
- [147] 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/>.
- [148] M. Robert J. Cionni, "Evaluating Two Key Safety Advances in the CENTURION Vision System," Digital Supplement, Salt Lake City, Cataract & Refractive Surgery Today.
- [149] C. D. Kelman, History of phacoemulsification, 2004.
- [150] 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.
- [151] E. W. Weisstein, " MathWorld--A Wolfram Web Resource.," MathWorld--A Wolfram Web Resource., 10 10 2024. [Online]. Available: <https://mathworld.wolfram.com/FishersExactTest.html>.

- [152] 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>.
- [153] P. C. i. a. f. w. w. 1. 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>.
- [154] G. Dotmatics, "The Ultimate Guide to T Tests," Dotmatics, 2024. [Online]. Available: <https://www.graphpad.com/guides/the-ultimate-guide-to-t-tests>.
- [155] 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>.
- [156] D. Tab, "Data Tab," Data tab, 2024. [Online]. Available: <https://datatab.net/tutorial/spearman-correlation>.
- [157] 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.
- [158] M. Asim R. Piracha, "Using Angle Alpha in Premium IOL Screening," *Cataract & Refractive Surgery Today*, 03 2016.
- [159] 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.
- [160] C. e. a. Matossian, "Cataract Predictability: Screen and Treat Unstable Tear Film in Weeks," *Ophthalmology Times Europe*, vol. 18, no. 9, 2022.
- [161] 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.
- [162] 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.
- [163] 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.
- [164] L. Z. Jia LX, "Clinical study of customized aspherical intraocular lens implants," *International Journal of Ophthalmology*, vol. 7, no. 5, pp. 816-821, 2014.
- [165] 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.
- [166] 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.
- [167] 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.
- [168] M. J. L. M. William B. Trattler, "What cataract surgeons don't know can hurt premium IOL outcomes," *Ophthalmology times*, 15 11 2013.
- [169] 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.

- [170] 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.
- [171] M. J. Morgan Micheletti, "Monofocal IOLs: Impact of Optical Design on Range of Vision," *Cataract & Refractive Surgery Today* digital supplement, 2024.
- [172] M. F. F. P. Anna F. Fakadej, " Why My Choice Is the AcrySof IQ IOL," *Cataract & Refractive Surgery Today*, 18 5 2018.
- [173] 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 .
- [174] D. Hutton, "ASCRS 2023: New head-to-head data show monofocal IOLs provide similar range of vision," *Ophthalmology Times*, 07 05 2023.
- [175] 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.
- [176] 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.
- [177] 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.
- [178] 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.
- [179] 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.
- [180] 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.
- [181] 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.
- [182] 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.
- [183] 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.
- [184] 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.
- [185] E. MA., "Slowing down: age-related neurobiological predictors of processing speed," *Frontiers in Neuroscience*, vol. 11, pp. 5-25, 2011 .
- [186] 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 .
- [187] R. A. N. A. B. A. N. D. H. K. Nicula 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.

- [188] 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.
- [189] M. D. Patterson, "Multifocal and EDOF IOLs offer good visual acuity, reduced contrast sensitivity," *AAO*, 2021.
- [190] 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.
- [191] 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.
- [192] 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.
- [193] 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.
- [194] 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.
- [195] 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.
- [196] O. T., "Quantitative assessment of quality of vision," *Nippon Ganka Gakkai Zasshi.*, vol. 108, no. 12, pp. 770-807, 2004.
- [197] 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.
- [198] J. P. J. Alió, "Multifocal Intraocular Lenses: Neuroadaptation.," in *Multifocal Intraocular Lenses Essentials in Ophthalmology*, Springer, 2019.
- [199] 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.
- [200] 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.
- [201] S. M. Sachdev GS, "Optimizing outcomes with multifocal intraocular lenses," *Indian Journal of Ophthalmology*, vol. 65, no. 12, pp. 1294-1300, 2017.
- [202] H. M. M. K. E. S. R. N. A. Adel G. Zakya, "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.
- [203] A. Я. Топов, "„Съпоставяне на ултразвуковата фекоемулсификация с фемтосекундна лазер асистирана катарактна хирургия," 2022.
- [204] M. Uday Devgan, "Angle alpha, angle kappa play role in good IOL centration," *ocular surgery news*, 2021.
- [205] 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>.
- [206] M. Brian Shafer, "Optical Axes and Angle Kappa," *AAO*, 13 02 2024. [Online]. Available: https://eyewiki.org/Optical_Axes_and_Angle_Kappa.

- [207] 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.
- [208] 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.
- [209] 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.