

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ

Кваліфікаційна наукова праця на умовах рукопису

КОЧУГУР ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК: 617.741-004.1-053-089.8

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОПТИМІЗАЦІЯ ОПТИКО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ У
ПАЦІЄНТІВ З ВІКОВОЮ КАТАРАКТОЮ**

222 «Медицина»

22 «Охорона здоров'я»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ І.В. Кочугур

Науковий керівник: Жабосєдов Дмитро Геннадійович, доктор медичних наук,
професор

Київ - 2025

АНОТАЦІЯ

Кочугур І.В. Оптимізація оптико-функціональних результатів у пацієнтів з віковою катарактою. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 - «Медицина» (22 – «Охорона здоров'я»). Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, 2025.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної проблеми сучасної офтальмології – підвищенню ефективності хірургічного лікування вікової катаракти шляхом удосконалення персоналізованого підходу до вибору інтраокулярної лінзи з урахуванням функціонального стану органа зору, зокрема контрастної чутливості, сферичних аберацій та стану макули.

Обґрунтування вибору теми дослідження. Вікова катаракта залишається однією з провідних причин зниження зору в осіб старших вікових груп у всьому світі, зокрема у країнах з прогресуючим старінням населення. За оцінками ВООЗ, близько 94 мільйонів людей у світі мають катаракту, як основну причину сліпоти, при цьому більшість із них проживає у країнах з низьким і середнім рівнем доходу (Feng, L. et al., 2022). Хірургічне лікування катаракти, а саме факоемульсифікація із заміною кришталика на інтраокулярну лінзу, є найчастішою офтальмологічною операцією в світі (Zhang, L. et al., 2021).

Однак, попри значний технічний прогрес у проведенні втручання, не всі пацієнти після операції задоволені результатом. Хоча сучасні методи факоемульсифікації дозволяють ефективно усувати помутніння кришталика, відновлення анатомічної прозорості не завжди гарантує високу якість зору. Клінічні спостереження показують, що до 25% пацієнтів після успішної факоемульсифікації можуть скаржитися на зниження чіткості зображення, погіршення зору в умовах слабкого освітлення, втома очей та зниження зорового комфорту, навіть за умови досягнення високої максимально коригованої гостроти зору. Це пов'язано з тим, що стандартна візометрія не охоплює весь спектр функціональних порушень, які

супроводжують вікові зміни в оптичній системі ока (Wan, Y. et al., 2020; Ang, R. E. T. et al., 2023).

На сьогодні функціональні результати лікування катаракти оцінюються не тільки за гостротою зору, а й за такими показниками, як контрастна чутливість, рівень сферичних аберацій, стійкість зорового сприйняття у складних умовах освітлення. Особливу роль у цьому процесі відіграють біометричні параметри ока, стан макули, особливо в макулярній та фовеальній зонах, та вибір типу ІОЛ. Зміни в сітківці, навіть незначні, можуть суттєво впливати на відновлення зору після операції (Paulsen, A. J. et al., 2021).

Особливу увагу заслуговує контрастна чутливість як важливий, але часто недооцінюваний показник функціонального зору. На відміну від стандартної візометрії, яка визначає здатність пацієнта розрізняти деталі при максимальному контрасті, контрастна чутливість дозволяє оцінити, наскільки добре пацієнт бачить об'єкти на фоні зниженої контрастності — умови, які більш наближені до реального життя. Саме тому її включення до перед- та післяопераційного моніторингу має суттєве значення для прогнозування задоволеності результатом хірургічного лікування.

З іншого боку, відновлення зору у пацієнтів із віковою катарактою залежить не лише від типу ІОЛ, але й від часу, коли було прийнято рішення про операцію. Часто хворі звертаються пізно, коли вже наявні зміни макулярної структури, що обмежують функціональний потенціал відновлення зору. Тому надзвичайно важливим є створення клінічних інструментів, які дозволяють передбачити, в яких випадках операція буде найбільш ефективною, навіть при відносно високих значеннях передопераційної гостроти зору.

Окремої уваги заслуговує взаємозв'язок між типом імплантованої ІОЛ (сферичної чи асферичної), характером змін контрастної чутливості та ступенем аберацій. На думку низки авторів (Stanojcic, N. et al., 2020; Ke, S. et al., 2023), імплантація асферичних ІОЛ дозволяє зменшити сферичні аберації та поліпшити контрастну чутливість, особливо у пацієнтів з інтактною макулою.

Сучасні дослідження також підкреслюють значення стану сітківки, як фактора прогнозу візуальних результатів. Крім того, зміна технологій у сфері візуалізації, особливо поширення оптичної когерентної томографії (ОКТ), дозволяє з високою точністю оцінювати стан макули та виявляти мінімальні структурні зміни, які не завжди доступні для діагностики іншими методами. Це, у свою чергу, формує нові підходи до оцінки рівня ризиків та прийняття клінічних рішень щодо вибору оптимального терміну операції та типу ІОЛ. Врахування таких чинників, як товщина фовеолярної зони, щільність пігментного епітелію, а також взаємозв'язок між макулярною морфологією та контрастною чутливістю, набуває принципового значення для прогнозування результатів лікування (Deshpande, R. et al., 2022).

У світлі зазначеного, необхідність удосконалення тактики лікування вікової катаракти є очевидною. Дослідження зосереджено на пошуку оптимального поєднання параметрів, які впливають на функціональні результати після факоемульсифікації, та на вивченні ефективності використання різних моделей ІОЛ залежно від індивідуальних особливостей пацієнтів.

Таким чином, комплексна оцінка зорової системи до та після факоемульсифікації, включаючи морфологічні показники сітківки та функціональні параметри, такі як контрастна чутливість і сферичні аберації, є критично важливою для забезпечення оптимальних результатів лікування. Розробка індивідуалізованої прогностичної моделі, яка враховує ці показники, є науково обґрунтованим і практично значущим завданням сучасної офтальмології.

Мета дослідження: Підвищити ефективність якості зорових функцій шляхом удосконалення персоналізованого підбору інтраокулярної лінзи, заснованого на комплексному аналізі індивідуальних особливостей органа зору, включаючи оцінку контрастної чутливості, сферичних аберацій, показників з боку макули, у пацієнтів з віковою катарактою.

Завдання дослідження:

1. Встановити особливості контрастної чутливості до операції у хворих на вікову катаракту.

2. Дослідити результати контрастної чутливості в динаміці (ранньому, пізньому та віддаленому післяопераційному періоді) після імплантації різних типів ІОЛ у мезопічних умовах.

3. Дослідити результати контрастної чутливості в динаміці (ранньому, пізньому та віддаленому післяопераційному періоді) після імплантації різних типів ІОЛ у фотопічних умовах.

4. Порівняти традиційну таблицю Пеллі-Робсона та цифровий тест ClinicCSF для визначення контрастної чутливості.

5. Оцінити зміни сферичних аберацій у до- та післяопераційному періоді при імплантації різних типів ІОЛ.

6. Дослідити вплив стану макули на післяопераційні результати контрастної чутливості.

7. Побудувати прогностичну модель для прогнозування покращення якості зору у пацієнтів після факоемульсифікації катаракти.

Об'єкт дослідження: Вікова катаракта (МКХ-10: Н.25).

Предмет дослідження: контрастна чутливість у мезопічних та фотопічних умовах, сферичні аберації, морфофункціональний стан сітківки (макули, фовеа та периферії) у до- післяопераційному періоді.

Методи дослідження: загальноклінічні; офтальмологічні (візометрія, біомікроскопія, офтальмоскопія, авторефрактометрія, візоконтрастометрія, аберометрія, тонометрія, гоніоскопія, комп'ютерна периметрія, оптична когерентна томографія); статистичні.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі проведених клінічних досліджень отримано нові дані, що розширюють уявлення про оптимальні підходи до хірургічного лікування вікової катаракти з урахуванням функціонального стану зорової системи. Вперше встановлено, що застосування асферичних інтраокулярних лінз забезпечує достовірно кращі показники контрастної чутливості як у фотопічних, так і в мезопічних умовах, у порівнянні зі сферичними ІОЛ (середні значення контрастної чутливості у фотопічних умовах: $1,65 \pm 0,10$ проти $1,52 \pm 0,08$; у мезопічних

– $1,42 \pm 0,09$ проти $1,28 \pm 0,07$; $p < 0,05$), що доводить доцільність їх імплантації для покращення якості зору після факоемульсифікації.

Встановлено, що у пацієнтів з високою передопераційною гостротою зору ($0,8$ – $1,0$) покращення контрастної чутливості після операції відбувається в $1,7$ рази (з $1,62 \pm 0,11$ до $2,76 \pm 0,10$; $p < 0,05$), тоді як у групі з помірною гостротою — лише в $1,1$ рази (з $1,44 \pm 0,08$ до $1,62 \pm 0,09$; $p < 0,05$). У пацієнтів з асферичними ІОЛ рівень сферичних аберацій знижувався в $1,5$ рази (з $0,42 \pm 0,05$ мкм до $0,28 \pm 0,04$ мкм; $p < 0,05$), що супроводжувалося покращенням якості зору в умовах низького освітлення.

Уперше запропоновано індивідуалізований підхід до оцінки стану макулярної зони та фовеа за даними спектральної ОКТ, як важливого прогностичного фактора зорової реабілітації.

Обґрунтовано вперше використання цифрового планшетного тесту Clinix CSF, як більш чутливого методу діагностики контрастної чутливості у порівнянні з традиційною таблицею Пеллі-Робсона (середні показники післяопераційної контрастної чутливості за Clinix CSF – $2,71 \pm 0,13$ проти $1,62 \pm 0,09$ за Пеллі-Робсоном; $p < 0,01$), що дозволяє точніше виявляти динамічні зміни функціонального зору після операції.

На основі отриманих даних розроблено математичну модель прогнозування функціонального результату хірургічного втручання, яка враховує морфологічний стан макули, показники контрастної чутливості, тип ІОЛ і ступінь зорової дисфункції. Побудована модель продемонструвала високу прогностичну точність ($AUC = 0,89$; чутливість – 75% , специфічність – 98%) та може бути рекомендована для використання в щоденній офтальмологічній практиці.

У ході дослідження встановлено чіткий взаємозв'язок між контрастною чутливістю, сферичними абераціями та морфологічним станом фовеа та макулярної області сітківки до і після хірургії катаракти. Отримані результати свідчать про ефективність комплексної оцінки оптико-функціонального стану ока для індивідуалізованого планування лікування та прогнозування функціонального результату. Отримані дані розширюють уявлення про клінічну доцільність раннього оперативного втручання у пацієнтів з високою передопераційною гостротою зору.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження мають вагоме практичне значення для покращення підходів до передопераційного обстеження пацієнтів із віковою катарактою. Встановлена ефективність цифрового тесту Clinic CSF, як інформативного методу оцінки функціонального стану зору дозволяє підвищити точність планування хірургічного втручання. Диференційований підхід до вибору типу ІОЛ з урахуванням контрастної чутливості, рівня аберацій та морфології макули сприяє досягненню вищих показників якості зору після операції.

Запропонована математична модель прогнозування функціонального результату дозволяє індивідуалізувати тактику лікування кожного пацієнта та очікувані результати втручання. Впровадження отриманих результатів у клінічну практику підвищує рівень задоволеності пацієнтів, покращує функціональні зорові показники та сприяє скороченню періоду післяопераційної адаптації.

Публікації. Основні результати дисертації викладені в 10 наукових публікаціях. З них 3 статті в журналі відповідно до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», 7 робіт – тези у матеріалах науково-практичних конференцій, з'їздів, симпозіумів.

Ключові слова: Катаракта, факоемульсифікація, зір, контрастна чутливість, сферичні аберації, інтраокулярні лінзи, оптична когерентна томографія, сітківка, макула, фовеа, периферія, прогресування, прогностична модель, якість життя, якість зору.

ANNOTATION

Kochuhur I.V. Optimization of optical and functional results in patients with age-related cataracts.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 222 - "Medicine" (22 - "Health care"). Bogomolets National Medical University, Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to solving an urgent problem of modern ophthalmology - increasing the effectiveness of surgical treatment of age-related cataracts by improving a

personalized approach to the choice of intraocular lens, taking into account the functional state of the organ of vision, in particular contrast sensitivity, spherical aberrations and macular condition.

The rationale for choosing the research topic. Age-related cataracts remain one of the leading causes of visual impairment in older adults worldwide, particularly in countries with progressive population aging. According to WHO estimates, about 94 million people worldwide have cataracts as the main cause of blindness, with the majority of them living in low- and middle-income countries (Feng, L. et al., 2022). Surgical treatment of cataracts, namely phacoemulsification with the replacement of the lens with an intraocular lens, is the most common ophthalmic surgery in the world (Zhang, L. et al., 2021).

However, despite significant technical progress in the intervention, not all patients are satisfied with the result after surgery. Although modern methods of phacoemulsification can effectively eliminate lens opacities, the restoration of anatomical transparency does not always guarantee high quality of vision. Clinical observations show that up to 25% of patients after successful phacoemulsification may complain of decreased image clarity, poor low-light vision, eye fatigue and decreased visual comfort, even if they achieve high maximum corrected visual acuity. This is due to the fact that standard visometry does not cover the full range of functional disorders that accompany age-related changes in the optical system of the eye (Wan, Y. et al., 2020; Ang, R. E. T. et al., 2023).

Today, the functional results of cataract treatment are assessed not only by visual acuity, but also by such indicators as contrast sensitivity, spherical aberration level, and stability of visual perception in difficult lighting conditions. A special role in this process is played by the biometric parameters of the eye, the condition of the macula, especially in the macular and foveal zones, and the choice of optical design of the IOL. Changes in the retina, even minor ones, can significantly affect the recovery of vision after surgery (Paulsen, A. J. et al., 2021).

Contrast sensitivity deserves special attention as an important but often underestimated indicator of functional vision. Unlike standard visometry, which determines a patient's ability to distinguish details at maximum contrast, contrast sensitivity allows you to assess how well a patient sees objects against a background of reduced contrast -

conditions that are closer to real life. That is why its inclusion in pre- and postoperative monitoring is essential for predicting satisfaction with the result of surgical treatment.

On the other hand, vision restoration in patients with age-related cataracts depends not only on the type of IOL, but also on the time when the decision to undergo surgery was made. Often, patients seek treatment late, when changes in the macular structure are already present, limiting the functional potential of vision restoration. Therefore, it is extremely important to create clinical tools that allow predicting in which cases the operation will be most effective, even with relatively high preoperative visual acuity.

Special attention should be paid to the relationship between the type of implanted IOL (spherical or aspherical), the nature of changes in contrast sensitivity and the degree of aberrations. According to a number of authors (Stanojcic, N. et al., 2020; Ke, S. et al., 2023), implantation of aspherical IOLs can reduce spherical aberrations and improve contrast sensitivity, especially in patients with an intact macula.

Modern research also emphasizes the importance of retinal condition as a factor in predicting visual outcomes. In addition, changes in imaging technologies, especially the spread of optical coherence tomography (OCT), allow for high accuracy in assessing the condition of the macula and detecting minimal structural changes that are not always available for diagnosis by other methods. This, in turn, creates new approaches to risk stratification and clinical decision-making regarding the optimal timing of surgery and type of IOL. Taking into account factors such as foveal thickness, pigment epithelial density, and the relationship between macular morphology and contrast sensitivity is of fundamental importance for predicting treatment outcomes (Deshpande, R. et al., 2022).

In light of this, the need to improve the treatment of age-related cataracts is obvious. The study is focused on finding the optimal combination of parameters that affect functional outcomes after phacoemulsification and on studying the effectiveness of using different IOL models depending on the individual characteristics of patients.

Thus, a comprehensive assessment of the visual system before and after phacoemulsification, including retinal morphology and functional parameters such as contrast sensitivity and spherical aberrations, is critical to ensure optimal treatment outcomes. The development of an individualized prognostic model that takes these

parameters into account is a scientifically sound and practically significant task in modern ophthalmology.

The aim of the study: To improve the efficiency of the quality of visual functions by improving personalised intraocular lens fitting based on a comprehensive analysis of individual characteristics of the organ of vision, including assessment of contrast sensitivity, spherical aberrations, macular parameters in patients with age-related cataracts.

Research objectives:

1. To determine the features of contrast sensitivity to surgery in patients with age-related cataracts.
2. To investigate the results of contrast sensitivity in the dynamics (early, late and remote postoperative period) after implantation of different types of IOLs in mesopic conditions.
3. To investigate the results of contrast sensitivity in the dynamics (early, late and remote postoperative period) after implantation of different types of IOLs in photopic conditions.
4. To compare the traditional Pelli-Robson table and the digital ClinicCSF test to determine contrast sensitivity.
5. To evaluate the changes in spherical aberrations in the pre- and postoperative period after implantation of different types of IOLs.
6. To investigate the effect of macular condition on postoperative contrast sensitivity results.
7. To build a prognostic model for predicting the improvement of vision quality in patients after cataract phacoemulsification.

Research object: Age-related cataract (ICD-10: H.25).

Research subject: contrast sensitivity in mesopic and photopic conditions, spherical aberrations, morphofunctional state of the retina (macula, fovea and periphery) in the pre- and postoperative period.

Research methods: general clinical; ophthalmic (visometry, biomicroscopy, ophthalmoscopy, autorefractometry, visocontrastometry, aberrometry, tonometry, gonioscopy, computer perimetry, optical coherence tomography); statistical.

The scientific novelty of the obtained results. On the basis of clinical and experimental studies, new data were obtained that expand the understanding of optimal approaches to the surgical treatment of age-related cataracts, taking into account the functional state of the visual system. For the first time, it was found that the use of aspheric intraocular lenses provides significantly better contrast sensitivity in both photopic and mesopic conditions, compared to spherical IOLs (mean contrast sensitivity values in photopic conditions: 1.65 ± 0.10 vs. 1.52 ± 0.08 ; in mesopic conditions - 1.42 ± 0.09 vs. 1.28 ± 0.07 ; $p < 0.05$), which proves the feasibility of their implantation to improve the quality of vision after phacoemulsification.

It was found that in patients with high preoperative visual acuity (0.8-1.0), the improvement of contrast sensitivity after surgery is 1.7 times (from 1.62 ± 0.11 to 2.76 ± 0.10 ; $p < 0.05$), while in the group with moderate acuity - only 1.1 times (from 1.44 ± 0.08 to 1.62 ± 0.09 ; $p < 0.05$). In patients with aspheric IOLs, the level of spherical aberrations decreased by 1.5 times (from $0.42 \pm 0.05 \mu\text{m}$ to $0.28 \pm 0.04 \mu\text{m}$; $p < 0.05$), which was accompanied by an improvement in the quality of vision in low light conditions.

For the first time, an individualized approach to assessing the state of the macular zone and fovea using spectral OCT data as an important prognostic factor in visual rehabilitation is proposed. It was found that the morphological state of the retina significantly correlates with the results of functional vision, especially in the presence of latent changes in the fovea and peripheral parts of the macula.

The use of the digital plate test Clinic CSF as a more sensitive method of diagnosing contrast sensitivity compared to the traditional Пелли-Робсона table was substantiated for the first time (mean values of postoperative contrast sensitivity according to Clinic CSF - 2.71 ± 0.13 vs. 1.62 ± 0.09 according to Пелли-Робсона; $p < 0.01$), which allows more accurate detection of dynamic changes in functional vision after surgery.

Based on the data obtained, a mathematical model for predicting the functional outcome of surgical intervention was developed, which takes into account the morphological state of the macula, contrast sensitivity, type of IOL and degree of visual dysfunction. The developed model demonstrated high predictive accuracy ($\text{AUC} = 0.89$;

sensitivity - 75%, specificity - 98%) and can be recommended for use in daily ophthalmic practice.

The study revealed a clear relationship between contrast sensitivity, spherical aberrations, and the morphological state of the fovea and macular retina before and after cataract surgery. The results obtained indicate the effectiveness of a comprehensive assessment of the optical and functional state of the eye for individualized treatment planning and prediction of functional outcome. The data obtained expand the understanding of the clinical feasibility of early surgical intervention in patients with high preoperative visual acuity.

The practical significance of the obtained results. The results of the study are of great practical importance for improving approaches to the preoperative examination of patients with age-related cataracts. The established effectiveness of the Clinic CSF digital test as an informative method for assessing the functional state of vision allows to improve the accuracy of surgical planning. A differentiated approach to the choice of the type of IOL, taking into account the contrast sensitivity, aberration level and macular morphology, helps to achieve higher visual quality after surgery.

The proposed mathematical model for predicting the functional outcome allows individualizing the treatment tactics for each patient and the expected results of the intervention. The implementation of the obtained results in clinical practice increases the level of patient satisfaction, improves functional visual performance and helps to reduce the period of postoperative adaptation.

Publications. The main results of the dissertation are presented in 10 scientific publications. Of these, 3 articles in the journal in accordance with the “List of scientific professional publications of Ukraine, in which the results of dissertations for the degree of Doctor of Sciences, Candidate of Sciences and Doctor of Philosophy may be published”, 7 works are abstracts in the materials of scientific and practical conferences, congresses, symposia.

Key words: Cataract, phacoemulsification, vision, contrast sensitivity, spherical aberrations, intraocular lenses, optical coherence tomography, retina, macula, fovea, periphery, progression, prognostic model, quality of life, quality of vision.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

1. Кочугур І. Вплив імплантації сферичних та асферичних інтраокулярних лінз на функціональні показники зору. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024; 149(3), 122-127. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.3\(149\).2024.122-127](https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(149).2024.122-127) *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, сформульовано висновки).*
2. Кочугур І., Жабоедов Д. Особливості контрастної чутливості у пацієнтів з віковою катарактою. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024; 150(4), 80-88. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.4\(150\).2024.80-88](https://doi.org/10.32345/USMYJ.4(150).2024.80-88) *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, спільно зі співавтором сформульовано висновки).*
3. Жабоедов Д.Г., Кочугур І.В. Прогностична модель підвищення якості зору після факоемульсифікації катаракти. Архів офтальмології України. 2024; 12(3), 149-155. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.12.3.2024.385> *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, спільно зі співавтором сформульовано висновки).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Кочугур І.В. Ефективність персоналізованого підбору інтраокулярних лінз. Тези: Сателітний симпозіум “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору; 2022 Черв. 10. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2022; 130(2), 45. <https://doi.org/10.32345/USMYJ.SUPPLEMENT.2.2022>
5. Кочугур І.В. Перспективи відновлення контрастної чутливості після імплантації інтраокулярних лінз. Доповідь: Семінар “Актуальні питання сучасної офтальмології”. 2023 Жовт. 4., Київ.
6. Kochuhur I., Zhaboiedov D. The effect of implantation of spherical and aspherical intraocular lenses on functional visual parameters. Тези: Сателітний симпозіум

- “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору; 2024; 1(1), 58.
<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.1.2024>
7. Жабосєдов Д.Г., Кочугур І.В. Фактори впливу на якість зору. Доповідь: Семінар “Сучасні підходи до діагностики, лікування та профілактики захворювань органу зору”. 2024 Жовт. 2., Київ.
 8. Кочугур І.В. Оцінка впливу стану макули на прогнозування зорових результатів після факоемульсифікації катаракти. Доповідь: Рефракційний пленер’24. 2024 Лист. 1-2., Київ.
 9. Жабосєдов Д.Г., Кочугур І.В. Вплив оптичного дизайну інтраокулярних лінз на якість зору в умовах низького освітлення. Доповідь: VI Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія”. 2024 Лист. 7-8., Київ.
 10. Кочугур І.В. Вплив факоемульсифікації на ранніх стадіях на якість життя пацієнтів. Доповідь та тези: VII Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія. Медичні та екологічні проблеми сучасності. Новітні досягнення офтальмохірургії. IV Шевальовські читання”. 2025 Лют. 21-23, Київ. 2022; 40-42.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІСЛЯ ФАКОЕМУЛЬСИФІКАЦІЇ КАТАРАКТИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	26
1.1. Етіологія, патогенез та класифікація вікової катаракти.....	26
1.2. Поширеність та соціальне значення вікової катаракти.....	29
1.3. Еволюція хірургічного лікування: сучасний стан та перспективи.....	31
1.4. Фактори, які впливають на функціональні результати після факоемульсифікації катаракти.....	35
1.5. Вікова катаракта в контексті супутніх патологій.....	41
Резюме до розділу 1.....	44
РОЗДІЛ 2. ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	47
2.1. Дизайн дослідження, загальна характеристика.....	47
2.2. Методи офтальмологічних досліджень.....	50
2.3. Методи клінічного дослідження.....	52
2.4. Методи статистичного аналізу та математичної обробки.....	57
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ КОНТРАСТНОЇ ЧУТЛИВОСТІ У ПАЦІЄНТІВ З ВІКОВОЮ КАТАРАКТОЮ.....	63
3.1. Оцінка контрастної чутливості при віковій катаракті: актуальність, клінічний матеріал та методи дослідження.....	64
3.2. Порівняння контрастної чутливості у чоловіків і жінок.....	72
3.3. Порівняльна ефективність таблиці Пеллі-Робсона та тесту Clinix CSF.....	74
3.4. Динаміка змін контрастної чутливості у післяопераційному періоді.....	76

3.5. Обговорення результатів.....	79
Резюме до розділу 3.....	81
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ОПТИЧНОГО ТИПУ ІМПЛАНТОВАНИХ ЛІНЗ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЗОРУ.....	83
4.1. Гострота зору після імплантації лінз різного оптичного типу.....	83
4.2. Порівняння рівня сферичних аберацій у пацієнтів із різними типами лінз.....	86
4.3. Аналіз контрастної чутливості у пацієнтів після імплантації лінз різного типу.....	89
4.4. Аналіз стану макули за даними оптичної когерентної томографії після факоемульсифікації катаракти.....	91
4.5. Узагальнення функціональних результатів у післяопераційному періоді залежно від типу лінзи.....	95
4.6. Клінічне значення результатів дослідження для індивідуалізації вибору ІОЛ.....	97
Резюме до розділу 4.....	99
РОЗДІЛ 5. ПРОГНОСТИЧНА МОДЕЛЬ ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІСЛЯ ФАКОЕМУЛЬСИФІКАЦІЇ КАТАРАКТИ.....	101
5.1. Характеристика досліджуваних груп залежно від передопераційної гостроти зору.....	101
5.2. Порівняння функціональних результатів у групах спостереження.....	103
5.3. Побудова та клінічне значення прогностичної моделі.....	109
Резюме до розділу 5.....	112
РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	114
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	124
ДОДАТКИ.....	146

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІОЛ – інтраокулярні лінзи

ФЕК – факоемульсифікація катаракти

ОКТ – оптична когерентна томографія

ВОТ – внутрішньоочний тиск

ДР – діабетична ретинопатія

ВМД – вікова макулодистрофія

КЧ – контрастна чутливість

СА – сферичні аберації

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Вікова катаракта залишається однією з провідних причин зниження зору в осіб старших вікових груп у всьому світі, зокрема у країнах з прогресуючим старінням населення. За оцінками ВООЗ, близько 94 мільйонів людей у світі мають катаракту, як основну причину сліпоти, при цьому більшість із них проживає у країнах з низьким і середнім рівнем доходу [1]. Хірургічне лікування катаракти, а саме факоемульсифікація із заміною кришталика на інтраокулярну лінзу, є найчастішою офтальмологічною операцією в світі [2].

Однак, попри значний технічний прогрес у проведенні втручання, не всі пацієнти після операції задоволені результатом. Хоча сучасні методи факоемульсифікації дозволяють ефективно усувати помутніння кришталика, відновлення анатомічної прозорості не завжди гарантує високу якість зору. Клінічні спостереження показують, що до 25% пацієнтів після успішної факоемульсифікації можуть скаржитися на зниження чіткості зображення, погіршення зору в умовах слабкого освітлення, втома очей та зниження зорового комфорту, навіть за умови досягнення високої максимально коригованої гостроти зору. Це пов'язано з тим, що стандартна візометрія не охоплює весь спектр функціональних порушень, які супроводжують вікові зміни в оптичній системі ока. [3; 4].

На сьогодні функціональні результати лікування катаракти оцінюються не тільки за гостротою зору, а й за такими показниками, як контрастна чутливість, рівень сферичних аберацій, стійкість зорового сприйняття у складних умовах освітлення. Особливу роль у цьому процесі відіграють біометричні параметри ока, стан макули, особливо в макулярній та фовеальній зонах, та вибір типу ІОЛ. Зміни в сітківці, навіть незначні, можуть суттєво впливати на відновлення зору після операції [5].

Особливу увагу заслуговує контрастна чутливість як важливий, але часто недооцінюваний показник функціонального зору. На відміну від стандартної візометрії, яка визначає здатність пацієнта розрізняти деталі при максимальному контрасті, контрастна чутливість дозволяє оцінити, наскільки добре пацієнт бачить

об'єкти на фоні зниженої контрастності — умови, які більш наближені до реального життя. Саме тому її включення до перед- та післяопераційного моніторингу має суттєве значення для прогнозування задоволеності результатом хірургічного лікування.

З іншого боку, відновлення зору у пацієнтів із віковою катарактою залежить не лише від типу ІОЛ, але й від часу, коли було прийнято рішення про операцію. Часто хворі звертаються пізно, коли вже наявні зміни макулярної структури, що обмежують функціональний потенціал відновлення зору. Тому надзвичайно важливим є створення клінічних інструментів, які дозволяють передбачити, в яких випадках операція буде найбільш ефективною, навіть при відносно високих значеннях передопераційної гостроти зору.

Окремої уваги заслуговує взаємозв'язок між типом імплантованої ІОЛ (сферичної чи асферичної), характером змін контрастної чутливості та ступенем аберацій. На думку низки авторів [6; 7], імплантація асферичних ІОЛ дозволяє зменшити сферичні аберації та поліпшити контрастну чутливість, особливо у пацієнтів з інтактною макулою.

Сучасні дослідження також підкреслюють значення стану сітківки, як фактора прогнозу візуальних результатів. Крім того, зміна технологій у сфері візуалізації, особливо поширення оптичної когерентної томографії (ОКТ), дозволяє з високою точністю оцінювати стан макули та виявляти мінімальні структурні зміни, які не завжди доступні для діагностики іншими методами. Це, у свою чергу, формує нові підходи до оцінки рівня ризиків та прийняття клінічних рішень щодо вибору оптимального терміну операції та типу ІОЛ. Врахування таких чинників, як товщина фовеолярної зони, щільність пігментного епітелію, а також взаємозв'язок між макулярною морфологією та контрастною чутливістю, набуває принципового значення для прогнозування результатів лікування [8].

У світлі зазначеного, необхідність удосконалення тактики лікування вікової катаракти є очевидною. Дослідження зосереджено на пошуку оптимального поєднання параметрів, які впливають на функціональні результати після

факоемульсифікації, та на вивченні ефективності використання різних моделей ІОЛ залежно від індивідуальних особливостей пацієнтів.

Таким чином, комплексна оцінка зорової системи до та після факоемульсифікації, включаючи морфологічні показники сітківки та функціональні параметри, такі як контрастна чутливість і сферичні аберації, є критично важливою для забезпечення оптимальних результатів лікування. Розробка індивідуалізованої прогностичної моделі, яка враховує ці показники, є науково обґрунтованим і практично значущим завданням сучасної офтальмології.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота була виконана на кафедрі офтальмології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця МОЗ України та є фрагментом двох науково-дослідних робіт кафедри офтальмології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця «Удосконалення діагностики та лікування патології сітківки та зорового нерва судинного, травматичного та ендокринного генезу», (№ держреєстрації 0120U100810, 2020-2023рр.) та «Удосконалення діагностики та лікування захворювань органа зору судинного, ендокринного та травматичного генезу», (№ держреєстрації 0124U001419, 2024-2026рр.), в яких дисертантка була співвиконавцем.

Мета дослідження: Підвищити ефективність якості зорових функцій шляхом удосконалення персоналізованого підбору інтраокулярної лінзи, заснованого на комплексному аналізі індивідуальних особливостей органа зору, включаючи оцінку контрастної чутливості, сферичних аберацій, показників з боку макули, у пацієнтів з віковою катарактою.

Завдання дослідження:

1. Встановити особливості контрастної чутливості до операції у хворих на вікову катаракту.
2. Дослідити результати контрастної чутливості в динаміці (ранньому, пізньому та віддаленому післяопераційному періоді) після імплантації різних типів ІОЛ у мезопічних умовах.

3. Дослідити результати контрастної чутливості в динаміці (ранньому, пізньому та віддаленому післяопераційному періоді) після імплантації різних типів ІОЛ у фотопічних умовах.

4. Порівняти традиційну таблицю Пеллі-Робсона та цифровий тест ClinicCSF для визначення контрастної чутливості.

5. Оцінити зміни сферичних аберацій у до- та післяопераційному періоді при імплантації різних типів ІОЛ.

6. Дослідити вплив стану макули на післяопераційні результати контрастної чутливості.

7. Побудувати прогностичну модель для прогнозування покращення якості зору у пацієнтів після факоемульсифікації катаракти.

Об'єкт дослідження: Вікова катаракта (МКХ-10: H.25).

Предмет дослідження: контрастна чутливість у мезопічних та фотопічних умовах, сферичні аберації, морфофункціональний стан сітківки (макули, фовеа та периферії) у до- післяопераційному періоді.

Методи дослідження: загальноклінічні; офтальмологічні (візометрія, біомікроскопія, офтальмоскопія, авторефрактометрія, візоконтрастометрія, аберометрія, тонометрія, гоніоскопія, комп'ютерна периметрія, оптична когерентна томографія); статистичні.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі проведених клініко-експериментальних досліджень отримано нові дані, що розширюють уявлення про оптимальні підходи до хірургічного лікування вікової катаракти з урахуванням функціонального стану зорової системи. Вперше встановлено, що застосування асферичних інтраокулярних лінз забезпечує достовірно кращі показники контрастної чутливості як у фотопічних, так і в мезопічних умовах, у порівнянні зі сферичними ІОЛ (середні значення контрастної чутливості у фотопічних умовах: $1,65 \pm 0,10$ проти $1,52 \pm 0,08$; у мезопічних — $1,42 \pm 0,09$ проти $1,28 \pm 0,07$; $p < 0,05$), що доводить доцільність їх імплантації для покращення якості зору після факоемульсифікації.

Встановлено, що у пацієнтів з високою передопераційною гостротою зору ($0,8 - 1,0$) покращення контрастної чутливості після операції відбувається в 1,7 рази (з

1,62±0,11 до 2,76±0,10; $p<0,05$), тоді як у групі з помірною гостротою — лише в 1,1 раза (з 1,44±0,08 до 1,62±0,09; $p<0,05$). У пацієнтів з асферичними ІОЛ рівень сферичних аберацій знижувався в 1,5 раза (з 0,42±0,05 мкм до 0,28±0,04 мкм; $p<0,05$), що супроводжувалося покращенням якості зору в умовах низького освітлення.

Уперше запропоновано індивідуалізований підхід до оцінки стану макулярної зони та фовеа за даними спектральної ОКТ як важливого прогностичного фактора зорової реабілітації. Установлено, що морфологічний стан сітківки значуще корелює з результатами функціонального зору, особливо при наявності прихованих змін у фовеа та периферичних відділах макули.

Обґрунтовано вперше використання цифрового планшетного тесту Clinix CSF, як більш чутливого методу діагностики контрастної чутливості у порівнянні з традиційною таблицею Пеллі-Робсона (середні показники післяопераційної контрастної чутливості за Clinix CSF – 2,71±0,13 проти 1,62±0,09 за Пеллі-Робсоном; $p<0,01$), що дозволяє точніше виявляти динамічні зміни функціонального зору після операції.

На основі отриманих даних розроблено математичну модель прогнозування функціонального результату хірургічного втручання, яка враховує морфологічний стан макули, показники контрастної чутливості, тип ІОЛ і ступінь зорової дисфункції. Побудована модель продемонструвала високу прогностичну точність ($AUC = 0,89$; чутливість – 88,1%, специфічність – 85,6%) та може бути рекомендована для використання в щоденній офтальмологічній практиці.

У ході дослідження встановлено чіткий взаємозв'язок між контрастною чутливістю, сферичними абераціями та морфологічним станом фовеа та макулярної області сітківки до і після хірургії катаракти. Отримані результати свідчать про ефективність комплексної оцінки оптико-функціонального стану ока для індивідуалізованого планування лікування та прогнозування функціонального результату. Отримані дані розширюють уявлення про клінічну доцільність раннього оперативного втручання у пацієнтів з високою передопераційною гостротою зору.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження мають вагомe практичне значення для покращення підходів до передопераційного

обстеження пацієнтів із віковою катарактою. Встановлена ефективність цифрового тесту Clinic CSF, як інформативного методу оцінки функціонального стану зору дозволяє підвищити точність планування хірургічного втручання. Диференційований підхід до вибору типу ІОЛ з урахуванням контрастної чутливості, рівня аберацій та морфології макули сприяє досягненню вищих показників якості зору після операції.

Запропонована математична модель прогнозування функціонального результату дозволяє індивідуалізувати тактику лікування кожного пацієнта та очікувані результати втручання. Впровадження отриманих результатів у клінічну практику підвищує рівень задоволеності пацієнтів, покращує функціональні зорові показники та сприяє скороченню періоду післяопераційної адаптації.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням, виконаним дисертанткою. Ідея наукового дослідження, вибір тематики та формулювання наукової проблеми здійснено авторкою за консультативної підтримки наукового керівника — доктора медичних наук, професора Жабоедова Д. Г. Мета, завдання та структура дослідження, методологічні підходи та логіка наукового пошуку були розроблені спільно зі науковим керівником і остаточно сформульовані здобувачкою.

Авторкою самостійно проведено патентно-інформаційний пошук, систематизовано сучасні літературні джерела, з особливим акцентом на контрастну чутливість, сферичні аберації та вибір інтраокулярної лінзи. Обґрунтовано актуальність, наукову новизну та практичну значущість дослідження.

Здобувачка самостійно розробила критерії включення та виключення пацієнтів, сформувала клінічні групи та забезпечила повний цикл клінічного супроводу: проводила первинне обстеження, візометрію, оптичну когерентну томографію, контрастну чутливість за допомогою різних тестів, оцінювала сферичні аберації, контролювала післяопераційні спостереження. Всі клінічні маніпуляції, зокрема визначення оптичних параметрів виконувались авторкою особисто.

Дані клінічних обстежень були систематизовані у базу, розроблену здобувачкою самостійно. Статистична обробка результатів (включно з аналізом достовірності, міжгрупових відмінностей, побудовою ROC-кривих та розробкою

прогностичної моделі) виконана авторкою з використанням сучасного програмного забезпечення EZR та MedStat.

Аналіз отриманих результатів, їх порівняння з даними міжнародних та вітчизняних досліджень, формулювання основних положень, висновків та практичних рекомендацій здійснено здобувачкою у співпраці з науковим керівником.

У наукових публікаціях за темою дисертації, включаючи ті, що опубліковані у співавторстві, провідна роль у підготовці рукописів, визначенні дизайну дослідження, зборі та аналізі даних належала дисертантці. Усі ілюстративні матеріали, таблиці, діаграми та графіки, що увійшли до дисертації, також були створені авторкою самостійно.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертаційної роботи були представлені на таких конференціях: Сателітний симпозіум “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору (м. Київ, 10 червня 2022); Семінар “Актуальні питання сучасної офтальмології” (м. Київ, 4 жовтня 2023); Сателітний симпозіум “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору (м. Київ, 19 квітня 2024); Семінар “Сучасні підходи до діагностики, лікування та профілактики захворювань органу зору” (м. Київ, 2 жовтня 2024); Рефракційний пленер’24 (м. Київ, 1-2 листопада 2024); VI Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія” (м. Київ, 7-8 листопада 2024); VII Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія. Медичні та екологічні проблеми сучасності. Новітні досягнення офтальмохірургії. IV Шевальовські читання” (м. Київ, 21-23 лютого 2025).

Публікації. Основні результати дисертації викладені в 10 наукових публікаціях. З них 3 статті в журналі відповідно до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», 7 робіт – тези у матеріалах науково-практичних конференцій, з’їздів, симпозіумів.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація викладена українською мовою на – 146 сторінках комп’ютерного тексту. Побудована за загальноприйнятою схемою і містить дві анотації, вступ, 6 розділів, висновки, список використаних джерел та 1 додаток. Дисертація ілюстрована 11 таблицями та 7 рисунками.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІСЛЯ ФАКОЕМУЛЬСИФІКАЦІЇ КАТАРАКТИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Етіологія, патогенез та класифікація вікової катаракти

Вікова катаракта є найпоширенішою формою помутніння кришталика, що розвивається внаслідок природних процесів старіння ока та супроводжується поступовим зниженням зорової функції. Основними патогенетичними механізмами формування катаракти є порушення метаболізму волокон кришталика, оксидативний стрес, глікація білків, деградація мембранних структур, а також вплив ультрафіолетового випромінювання. В результаті відбувається агрегація кристалінів, втрата прозорості та зміна заломлюючої здатності кришталика [9-11].

Патогенетично вікова катаракта асоціюється з порушенням прозорості кришталика через структурні зміни у білках кристалінів, їх агрегацію та денатурацію. Ці зміни призводять до підвищеної світлорозсіюваності, що погіршує якість зорового сприйняття навіть за наявності прийнятної гостроти зору. За даними літератури, процес помутніння кришталика супроводжується втратою іонного балансу, деградацією капсули та зниженням активності ферментів, які забезпечують прозорість [12-13].

Серед основних етіологічних чинників виділяють генетичну схильність, вплив шкідливих факторів зовнішнього середовища, тривале застосування кортикостероїдів, травми ока, куріння, хронічні метаболічні порушення (зокрема цукровий діабет), а також інші загальносоматичні захворювання. З віком зростає інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів, накопичення вільних радикалів та зменшення антиоксидантного захисту, що веде до порушення прозорості кришталика [14-15].

Існує кілька класифікацій катаракти. Згідно з топографічною класифікацією, виділяють ядерну, кортикальну та субкапсулярну катаракту. Ядерна форма є найбільш типовою для вікового типу і характеризується помутнінням у центральній

частині кришталика, що призводить до міопізації зору. Кортикальна форма охоплює периферичні ділянки кришталика та має схильність до коливань гостроти зору, особливо в умовах зміни освітлення. Задньосубкапсулярна катаракта спричиняє суттєве зниження зору при яскравому освітленні та в умовах контрасту.

За ступенем зрілості, катаракту поділяють на початкову, незрілу, зрілу та перезрілу. На ранніх стадіях помутніння є незначним і часто не впливає на гостроту зору, однак при прогресуванні катаракти виникає виражене порушення прозорості кришталика, що значно ускладнює щоденну активність пацієнта.

У клінічній практиці часто застосовують шкалу LOCS III (Lens Opacities Classification System III), яка дозволяє стандартизувати оцінку помутніння кришталика за ядерним, кортикальним і субкапсулярним компонентами. Такий підхід є важливим як для діагностики, так і для моніторингу динаміки захворювання та планування оперативного втручання. Інші класифікації, як-от WHO Cataract Grading System, частіше використовуються в епідеміологічних дослідженнях.

Окрім традиційної класифікації, у сучасній офтальмології активно використовуються інструментальні методи для оцінки щільності та ступеня помутніння кришталика — Scheimpflug-томографія, оптична когерентна томографія переднього сегмента, а також автоматизовані аналізатори прозорості. Ці методи дозволяють об'єктивно оцінити ступінь катаракти і є важливими для планування хірургічного втручання [16-17].

Сучасні уявлення про патогенез катаракти спрямовані також на дослідження біохімічних змін у тканинах кришталика. Зокрема, відзначено зниження активності ферментів антиоксидантного захисту (каталаза, глутатіонпероксидаза), порушення іонного балансу та підвищення рівня кальцію в кришталику. Це обумовлює розвиток гідратації тканин та прогресуюче порушення їх прозорості [18-20].

Вікова катаракта розвивається повільно, зазвичай прогресує симетрично в обох очах. Основними клінічними проявами є поступове зниження зору, підвищена чутливість до світла, поява гало навколо джерел світла, зниження контрастної чутливості та зміни рефракції. На пізніх стадіях — спостерігається суттєве зниження гостроти зору, що значно впливає на якість життя.

Важливо підкреслити, що своєчасна діагностика вікової катаракти дозволяє не лише зберегти зір, але й запобігти ускладненням, які можуть виникнути при прогресуванні патології, таким як факолітична глаукома, факоморфічна глаукома або увеїт.

Поряд із основними механізмами розвитку катаракти, важливу роль відіграє накопичення токсичних метаболітів у кришталіку, зокрема продуктів окисного стресу. Реактивні форми кисню (ROS) викликають ушкодження білків і ДНК, що порушує метаболічну рівновагу в клітинах кришталіка. Підвищення рівня оксидативного стресу корелює з прогресуванням ступеня помутніння кришталіка, особливо у пацієнтів старшого віку та за наявності супутньої патології, як-от цукровий діабет [21-23].

Також доведено, що у віковій катаракті відбувається глікація білків кришталіка, що призводить до утворення жовтих пігментів (карамелізації) та подальшої дестабілізації просторової структури білкових молекул. Ці процеси спричиняють порушення прозорості кришталіка та формування різних типів катаракт [24-25]. Особливо чутливими до глікації є білки α -кристаліни, які в нормі виконують функцію шаперонів, підтримуючи стабільність білкових комплексів.

Генетичні фактори також відіграють роль у розвитку вікової катаракти. Хоча більшість випадків не мають чітко спадкової природи, асоціації певних поліморфізмів у генах, що відповідають за антиоксидантний захист і структуру кришталікових білків, свідчать про генетичну схильність [26-27]. Наприклад, варіації в генах SOD1, GSTM1 та CRYAA пов'язані з підвищеним ризиком розвитку катаракти у літніх осіб.

Додаткову роль у патогенезі вікової катаракти відіграє порушення іонного обміну в клітинах кришталіка. Зокрема, дисфункція кальцієвих та натрієвих каналів призводить до порушення гідратації волокон кришталіка та утворення водяних лакун — передумов для формування кортикальної катаракти. В осіб похилого віку виявляється зниження активності натрій-калієвого насоса, що сприяє прогресуванню патологічного процесу [28-30].

Серед екзогенних факторів, що сприяють розвитку вікової катаракти, найчастіше згадуються тривала дія ультрафіолетового випромінювання, куріння,

хронічне вживання кортикостероїдів, дефіцит антиоксидантів (вітамінів С, Е, каротиноїдів) і системні захворювання (цукровий діабет, артеріальна гіпертензія, хронічна ниркова недостатність) [31-32].

Крім біохімічних змін, важливу роль у розвитку катаракти відіграє порушення функціонування клітин епітелію передньої капсули кришталика. У нормі ці клітини забезпечують оновлення внутрішньої структури кришталика, але з віком їх проліферативна активність знижується, що сприяє фіброзу та втраті прозорості. Крім того, відзначають підвищену експресію прозапальних цитокінів, що також негативно впливають на мікрооточення кришталикових волокон [33-35].

Останнім часом у науковій літературі набуває актуальності також поняття «дисфункціональної лінзи» (dysfunctional lens syndrome), яке описує спектр вікових змін кришталика ще до появи клінічно значущої катаракти. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти початкові оптичні зміни в кришталику та приймати обґрунтоване рішення щодо раннього хірургічного втручання, що особливо важливо в умовах підвищених візуальних вимог пацієнтів [36-38].

Таким чином, вікова катаракта є поліетіологічним захворюванням, у патогенезі якого важливу роль відіграють як системні, так і локальні чинники. Класифікація катаракти за топографічними та морфологічними ознаками має суттєве значення для вибору тактики хірургічного лікування та прогнозування функціональних результатів.

1.2. Поширеність та соціальне значення вікової катаракти

Вікова катаракта є однією з найпоширеніших причин зниження зору у людей старшого віку в усьому світі. У країнах Європи частота катаракти у віковій групі 65+ становить понад 50%, що робить її провідною офтальмопатологією у даній популяції [39-40]. Дослідження в Україні також підтверджують високий рівень захворюваності на катаракту серед осіб пенсійного віку. Високий рівень виявлення патології пов'язаний із розвитком офтальмологічної діагностики, однак доступність якісної

хірургічної допомоги залишається проблемною у сільських регіонах та серед малозабезпеченого населення.

Соціальне значення вікової катаракти зумовлене її впливом на повсякденне функціонування та якість життя пацієнтів. Поступове погіршення зору обмежує здатність самостійно пересуватись, читати, розпізнавати обличчя, керувати транспортом і виконувати побутові дії. Це сприяє зростанню рівня залежності, соціальній ізоляції та депресивним розладам у літніх людей.

Крім медичних і соціальних аспектів, катаракта має також суттєве економічне значення. Несвоєчасне лікування призводить до втрати працездатності, зростання витрат на догляд, збільшення тягаря на систему охорони здоров'я. За оцінками WHO, катаракта є одним із найбільш рентабельних напрямів офтальмологічного втручання у співвідношенні витрати/результат [41-43].

Дослідження з різних країн свідчать про тенденцію до зростання кількості пацієнтів із катарактою внаслідок старіння населення. У країнах Європейського Союзу, зокрема, прогнозується подвоєння кількості хірургічних втручань з приводу катаракти протягом найближчих 20 років [44-45]. Аналогічна динаміка спостерігається і в Україні, де за відсутності ефективної скринінгової програми значна частина випадків виявляється на пізніх стадіях.

Особливої уваги заслуговує диференціація поширеності катаракти за статтю. Жінки мають більший ризик розвитку вікової катаракти, що зумовлено як гормональними факторами, так і більшою тривалістю життя. Рівень захворюваності на катаракту серед жінок перевищує аналогічний показник у чоловіків на 20–25% [46-48]. Це потребує урахування гендерного підходу при плануванні офтальмологічної допомоги

Також варто зазначити, що зростання тривалості життя вимагає переосмислення критеріїв відтермінування операції. Якщо раніше операцію відкладали до моменту суттєвого зниження гостроти зору, то тепер мова йде про збереження високої якості зору упродовж усього періоду активного старіння. У зв'язку з цим, перед офтальмологами постає завдання не лише усунути помутніння

кришталика, але й забезпечити комфортний функціональний зір для повсякденної активності.

Сучасна стратегія боротьби з катарактою передбачає не лише збільшення кількості операцій, але й удосконалення критеріїв їх призначення. Все частіше операцію виконують не на останній стадії дозрівання кришталика, а при початкових формах катаракти, орієнтуючись на зниження функціональних параметрів зору — таких як контрастна чутливість, світлобоязнь, втома очей. Це дозволяє досягти кращих післяопераційних результатів та підвищити задоволеність пацієнтів.

Впровадження нових підходів до визначення потреби в хірургії катаракти також вимагає зміни парадигми обстеження пацієнтів. Оцінка якості зору має здійснюватися не лише за допомогою традиційної візометрії, а й включати функціональні тести, оптичну когерентну томографію, біометричні обстеження. Це дозволяє комплексно оцінити зорову систему та уникнути післяопераційних розчарувань у пацієнтів, що мали супутні очні патології.

Підвищена захворюваність на катаракту реєструється і серед осіб із супутніми системними хронічними захворюваннями, такими як цукровий діабет, артеріальна гіпертензія, хронічна ниркова недостатність. Це ще більше підсилює соціальне значення катаракти, оскільки зниження зору у таких пацієнтів супроводжується порушенням контролю основного захворювання, погіршенням комплаєнсу до терапії та збільшенням потреби у сторонній допомозі.

Загалом, соціальне значення вікової катаракти обумовлене її масштабністю, впливом на якість життя, психоемоційний стан, безпеку та функціональну незалежність пацієнтів. У зв'язку з цим, проблема катаракти потребує мультидисциплінарного підходу, що включає ранню діагностику, обґрунтоване планування операції, вибір оптимального типу ІОЛ та післяопераційний функціональний моніторинг.

1.3. Еволюція хірургічного лікування: сучасний стан та перспективи

Розвиток хірургічного лікування катаракти має багатовікову історію, що бере початок ще з античних часів. Перші спроби усунення помутніння кришталика

здійснювались методом вивихування катаракти в склоподібне тіло («couching»), що, хоча і дозволяло частково покращити зір, супроводжувалось високим ризиком ускладнень. Проривом стало застосування екстракапсулярної екстракції кришталика, яка дозволила видаляти катаракту з меншим ризиком для сітківки, хоча вимагала значного розрізу рогівки та швів, що затримувало реабілітацію пацієнта.

Подальший розвиток отримала інтракапсулярна екстракція з імплантацією першого покоління інтраокулярних лінз. Відкриття Гарольда Рідлі (Harold Ridley) у середині XX століття щодо використання ІОЛ стало революційним кроком у катарактальній хірургії. Однак довгий час проблемою залишалася висока травматичність втручання та обмеженість оптичних характеристик перших моделей лінз, що не враховували індивідуальних особливостей пацієнтів.

Справжнім проривом стало впровадження методики факоемульсифікації, запропонованої Чарльзом Келманом у 1967 році. Завдяки використанню ультразвуку для емульгування ядра кришталика, ця методика дозволила істотно зменшити розріз рогівки, пришвидшити реабілітацію, знизити ризик ускладнень і розширити показання до операції на ранніх стадіях катаракти. Сучасні апарати для факоемульсифікації мають розширені функції — автоматичну стабілізацію передньої камери, регулювання енергії ультразвуку, активні рідини, які дозволяють виконувати втручання з мінімальним впливом на внутрішньоочні структури [49-51].

Протягом останнього десятиріччя відбувається інтенсивне впровадження фемтосекундної лазерної технології, що дозволяє виконувати етапи капсулорексису, розсічення ядра та розрізи з високою точністю. Хоча фемтосекундна лазерна хірургія поки що менш поширена через високу вартість, численні дослідження доводять її переваги в пацієнтів із складною анатомією ока, а також у випадках супутніх патологій [52-53].

Разом із розвитком хірургічних технологій удосконалювались і моделі інтраокулярних лінз. Сучасні ІОЛ можуть бути монофокальними, мультифокальними, торичними, з розширеною глибиною фокусу або навіть адаптивними. Значна увага приділяється типу лінзи — сферичному чи асферичному профілю, фільтрам ультрафіолетового та синього світла, матеріалу та типу гаптики.

Вибір ІОЛ сьогодні враховує не тільки рефракційні потреби пацієнта, але й функціональні параметри зорової системи, такі як контрастна чутливість та наявність аберацій.

Значну увагу в сучасній хірургії катаракти приділяють мінімізації енергетичного навантаження на тканини ока під час факоемульсифікації. Впровадження режимів мікропульсів, турбо-режимів та адаптивної подачі рідини (active fluidics) дозволяє знизити кумулятивну дисперсну енергію (CDE), що в свою чергу зменшує ризик термічного пошкодження рогівки, знижує запальні реакції та сприяє швидшому відновленню функціонального зору [54-56].

Розробка нових типів фако-наконечників також спрямована на покращення енергоефективності процедури. Дослідження підтверджують, що наконечники з бічними портами та спеціальною геометрією можуть забезпечити рівномірнішу емульгацію ядра при нижчих рівнях енергії (Mackenbrock et al., 2023). Такі вдосконалення мають велике значення, особливо у пацієнтів із щільною катарактою або супутньою рогівковою патологією.

У передопераційній підготовці використовуються сучасні біометричні системи (IOLMaster 700, Lenstar LS 900), які забезпечують точне вимірювання параметрів ока: довжини осі, глибини передньої камери, кривизни рогівки. Це дозволяє зменшити помилки у розрахунку рефракційного результату та покращити прогнозованість операції. Нові формули розрахунку потужності ІОЛ (Barrett Universal II, Hill-RBF, Kane formula) враховують більше параметрів і показують вищу точність у пацієнтів з екстремальними анатомічними особливостями ока.

Удосконалення хірургічних технік також супроводжується переходом до малоінвазивної хірургії. Безшовна факоемульсифікація (microincision cataract surgery – MICS) передбачає доступ через 1,8–2,2 мм розріз, що сприяє зменшенню індукованого астигматизму, прискореному загоєнню та кращому збереженню стабільності переднього сегмента ока [57-59]. Водночас, це потребує високої майстерності хірурга та використання сучасних витратних матеріалів.

Зростає інтерес до поєднання факоемульсифікації з іншими хірургічними процедурами – зокрема, мінімально інвазивною глаукомною хірургією (MIGS),

задньою вітректомією або імплантацією торичних ІОЛ при астигматизмі. Таке поєднання втручань дозволяє вирішити декілька проблем одночасно та значно підвищує якість життя пацієнтів [60-61].

Одним із ключових досягнень останніх років стало застосування активної флюїдної системи (Active-Fluidics System) у факоемульсифікаційних установках. Ця технологія забезпечує стабільність внутрішньоочного тиску під час операції, знижує ризик коливань передньої камери та дозволяє зменшити тривалість ультразвукової дії [62-64]. Відповідно, це позитивно впливає на морфологічну стабільність рогівки та макули в ранньому післяопераційному періоді.

Не менш важливою є оптимізація форми та матеріалу фако-наконечників. Нові конструкції, такі як збалансовані торсійні наконечники, дозволяють ефективніше подрібнювати ядро кришталика з мінімальним ультразвуковим навантаженням. Порівняльні дослідження показують, що використання новітніх наконечників знижує показник CDE (cumulative dissipated energy), зменшує травматизацію ендотелію рогівки та сприяє збереженню прозорості [65-67].

Удосконалення візуалізації під час хірургії катаракти також відіграє важливу роль у підвищенні точності та безпеки втручань. Системи інтеграції передопераційних біометричних даних з мікроскопами (наприклад, VERION, Callisto) забезпечують точне центрування ІОЛ, кращу орієнтацію торичних моделей та зменшення людського фактора у процесі імплантації [68-69].

У фокусі уваги сучасної офтальмохірургії також знаходиться пацієнтський досвід та суб'єктивна оцінка якості зору після операції. Проведені дослідження підтверджують, що навіть за відсутності ускладнень та досягнення високої гостроти зору, пацієнти можуть відчувати незадоволення результатами лікування через знижену контрастну чутливість, бліки або труднощі при адаптації до різних умов освітлення [70-72].

Велике значення в досягненні кращих функціональних результатів має обґрунтований вибір моделі інтраокулярної лінзи. Сьогоднішній ринок пропонує широкий спектр ІОЛ — від стандартних монофокальних до мультифокальних, торичних, еніфокальних та лінз з розширеною глибиною фокусу (EDOF). Кожна з

моделей має свої переваги та показання до застосування. Наприклад, мультифокальні ІОЛ дозволяють зменшити залежність від окулярної корекції, однак можуть супроводжуватися зниженням контрастної чутливості [73-75].

Особливої уваги заслуговують асферичні інтраокулярні лінзи, які завдяки вдосконаленому оптичному дизайну знижують сферичні аберації та сприяють кращому зоровому сприйняттю в умовах низького освітлення. Численні дослідження підтверджують переваги асферичних ІОЛ у пацієнтів з інтактною макулою та бажанням отримати високу гостроту зору [76-78]. При цьому правильний підбір таких лінз вимагає точної передопераційної біометрії.

Підсумовуючи, слід відзначити, що хірургічне лікування катаракти еволюціонує в напрямі індивідуалізованої, високотехнологічної та функціонально орієнтованої процедури. Кінцева мета сучасної катарактальної хірургії полягає не лише в усуненні помутніння, а у відновленні якісного, комфортного, висококонтрастного зору, що відповідає стилю життя пацієнта та його очікуванням.

1.4. Фактори, які впливають на функціональні результати після факоемульсифікації катаракти

Функціональні результати хірургічного лікування катаракти залежать не лише від якості проведеного втручання, але й від низки морфологічних, біометричних та функціональних характеристик зорової системи пацієнта. Післяопераційна гострота зору традиційно використовується, як основний критерій ефективності факоемульсифікації катаракти. Проте з точки зору сучасної офтальмології, цього параметра недостатньо для об'єктивної оцінки якості зору. До уваги беруть також функціональні показники — контрастна чутливість, рівень сферичних аберацій, стабільність зорового сприйняття в умовах змінного освітлення [79-81].

Контрастна чутливість є важливим функціональним параметром, що відображає здатність ока розрізняти об'єкти, які мало відрізняються від фону. На відміну від гостроти зору, вона забезпечує більш повне уявлення про зорову функцію пацієнта в реальних життєвих умовах. Зниження контрастної чутливості може

спостерігатися навіть при нормальній візометрії, що є ознакою порушення якості зорового сприйняття.

У підтриманні нормального рівня контрастної чутливості беруть участь не лише оптичні компоненти ока (прозорість кришталика, тип ІОЛ, аберації), але й складні біохімічні, клітинні та нейрофізіологічні механізми. Однією з таких груп білків є шаперони — молекули, що забезпечують правильне згортання білків, запобігають їх агрегації та сприяють відновленню структури після стресу. У тканинах сітківки, особливо в умовах вікового або оксидативного навантаження, шаперони (зокрема Hsp70, Hsp27) відіграють протективну роль, стабілізуючи білки фоторецепторів, підтримуючи клітинний гомеостаз і тим самим опосередковано зберігаючи функцію контрастного зору [82].

Крім шаперонів, у регуляції контрастної чутливості задіяно ряд інших структурно-функціональних білків. Так, опсини, зокрема родопсин у паличках і L/M/S-опсини у колбочках, є ключовими у фототрансдукції — процесі перетворення світлового сигналу у нервовий. Їхня цілісність безпосередньо впливає на точність розпізнавання контурів і розрізнення слабого контрасту. RPE65, фермент пігментного епітелію сітківки, забезпечує відновлення зорового пігменту і є важливим для адаптації до темряви — ситуацій, у яких контрастна чутливість особливо критична [83].

Не менш значущу роль відіграє глутамат — головний нейромедіатор, який передає сигнал від фоторецепторів до біполярних клітин. Зниження ефективності глутаматної передачі, наприклад, при ішемії або хронічному стресі, погіршує чіткість зорового сигналу, що відображається у зниженні контрастної чутливості. Крім того, активація гліальних клітин сітківки, що супроводжується підвищенням експресії білка GFAP, свідчить про реактивні зміни в нейроглії, які можуть порушувати нейрональну інтеграцію та знижувати якість зорової інформації [84].

Важливу роль відіграють також кальцій-залежні білки, зокрема recoverin та calbindin, які забезпечують внутрішньоклітинну сигнальну передачу в фоторецепторах. Зміна їхньої активності може впливати на здатність ока

адаптуватися до зміни освітлення і, відповідно, на якість розрізнення об'єктів за контрастом.

Таким чином, контрастна чутливість формується не лише за рахунок фізичної оптики ока, а й за участі цілої низки молекулярних і клітинних механізмів, стан яких значною мірою визначає ефективність зорової функції, особливо у пацієнтів з віковими змінами або після хірургічних втручань.

Публікації останніх років вказують на те, що пацієнти з незначною катарактою, але зі зниженою контрастною чутливістю, демонструють вищий рівень задоволеності після імплантації сучасних асферичних або EDOF-ІОЛ. Це ще раз підтверджує доцільність використання контрастної чутливості як маркера очікуваного функціонального результату, що може мати вирішальне значення при підборі індивідуалізованого варіанту лінзи [85-86].

Варто зазначити, що у клінічній практиці важливе не лише виявлення абсолютного рівня контрастної чутливості, а й його порівняння до і після хірургічного втручання. Такий підхід дозволяє об'єктивізувати ефективність лікування та надати пацієнту чітке розуміння змін, що відбулися, особливо у випадках, коли максимальна коригована гострота зору залишається без змін [87-88].

Для практичної офтальмології важливо також, що контрастна чутливість безпосередньо пов'язана з рівнем безпеки пацієнтів. Так, знижена контрастна чутливість може впливати на здатність розрізняти об'єкти вночі, розпізнавати обличчя, помічати перешкоди на шляху [89-90]. Це має особливе значення для літніх людей, які залишаються активними водіями або часто пересуваються самотійно.

Загалом, тестування контрастної чутливості забезпечує новий рівень розуміння якості зору та дає змогу перейти від традиційного підходу «бачить або не бачить» до більш комплексної оцінки зорової функції. У контексті вікової катаракти це дозволяє своєчасно і точніше прогнозувати потребу в оперативному втручанні та оптимізувати вибір тактики лікування з урахуванням очікувань та способу життя пацієнта.

Дослідження показують, що у пацієнтів із початковими стадіями вікової катаракти контрастна чутливість порушується насамперед у діапазоні середніх та високих просторових частот [91]. Це означає, що пацієнтам стає складніше

розпізнавати дрібні деталі на фонах, які не мають чіткого контрасту. Такий ефект часто залишається непоміченим у стандартній візометрії, але істотно впливає на повсякденну зорову активність — зокрема, під час читання газетного шрифту, керування автомобілем у сутінках або при розпізнаванні облич.

Важливо зазначити, що зниження контрастної чутливості при катаракті має кумулятивний характер: чим довше відкладається хірургічне втручання, тим більшими стають функціональні втрати. У пацієнтів, які звертаються за допомогою на пізніх стадіях, навіть після усунення оптичної причини (видалення помутнілого кришталика) рівень контрастної чутливості може повністю не відновитися. Це є ще одним аргументом на користь ранньої діагностики та втручання [92].

У наукових публікаціях неодноразово підкреслюється, що якість зору за реальних умов життя, включно з можливістю орієнтуватися в складному візуальному середовищі, не завжди корелює з показником максимально коригованої гостроти [93]. Пацієнти можуть мати «100%» зір за таблицею, але скаржитись на розмитість зображення, втому очей, світлобоязнь, що часто асоціюється саме зі зниженням контрастної чутливості.

Клінічний досвід підтверджує, що навіть у пацієнтів із високою гостротою зору після факоемульсифікації залишкове зниження контрастної чутливості може знижувати суб'єктивну задоволеність результатом лікування. Це актуалізує необхідність не лише відновлювати прозорість оптичних середовищ, а й забезпечувати стабільне зорове сприйняття в умовах різного освітлення та контрасту [94].

Сферичні аберації — ще один важливий показник, який впливає на зорову якість. Вони виникають у разі нерівномірного заломлення світлових променів у різних частинах оптичної системи ока. Після імплантації сферичної інтраокулярної лінзи ці аберації можуть зростати, особливо у пацієнтів із великим діаметром зіниці в умовах темряви. Асферичні лінзи, навпаки, здатні компенсувати частину позитивних сферичних аберацій рогівки, покращуючи якість зору.

Вплив типу інтраокулярної лінзи на функціональні результати зору обумовлений не лише її формою, а й матеріалом, оптичними властивостями. Сучасні

асферичні ІОЛ демонструють переваги в збереженні контрастної чутливості та зниженні кількості оптичних аберацій порівняно з традиційними сферичними моделями. Це особливо важливо в умовах слабкого освітлення, наприклад, під час водіння автомобіля вночі або роботи в затемнених приміщеннях [95].

Функціональні зміни можуть залежати і від вихідного стану оптичної системи ока. У пацієнтів із інтактною макулою та мінімальними змінами в рогівці очікуються кращі результати. У таких випадках корекція сферичних аберацій може забезпечити покращення контрастної чутливості та загального зорового комфорту. Навпаки, у пацієнтів зі структурними змінами в оптичному середовищі ефект навіть від якісної ІОЛ буде обмеженим [96-97].

Стан сітківки, зокрема макулярної зони, також має вирішальне значення. У пацієнтів зі структурними змінами у фовеа, навіть незначного характеру, функціональне відновлення після операції може бути обмеженим. Використання оптичної когерентної томографії (ОКТ) для виявлення субклінічних змін дозволяє своєчасно адаптувати хірургічну тактику та прогнозувати результат [98-99].

Також слід враховувати психофізичні особливості пацієнта, зокрема суб'єктивне сприйняття зорової чіткості, світлобоязнь, швидкість адаптації до освітлення. У частини пацієнтів, незважаючи на досягнення високої максимально коригованої гостроти зору, відзначається зниження якості зорового сприйняття в умовах слабкого освітлення або під час роботи з низькоконтрастними об'єктами. Це ще раз підтверджує недостатність стандартної візометрії як єдиного критерію оцінки функціональних результатів [100-101].

Значущу роль у прогнозуванні результатів відіграє і біометричний профіль ока, зокрема довжина передньозадньої осі, кут передньої камери, рогівкові аберації. Установлено, що відповідність параметрів ІОЛ до анатомічних характеристик ока забезпечує стабільність імплантата та зниження післяопераційних аберацій []. Тому точна біометрія є важливим інструментом індивідуалізації хірургічного підходу.

Ще одним важливим фактором є ступінь прозорості оптичних середовищ. Навіть після видалення катаракти можливе збереження мінімальної помутніння задньої капсули або виникнення задньокапсулярного фіброзу. Ці стани впливають на

якість зображення, зменшуючи контрастність та викликаючи розсіювання світла. Такі явища можуть залишатися непоміченими при стандартній перевірці гостроти зору, але значно знижувати функціональні результати, що зумовлює необхідність розширеного функціонального тестування [102-103].

Стан поверхні рогівки також може відігравати роль у досягненні бажаних функціональних результатів. Сухість очей, нерівність епітелію, мікроскопічні ерозії чи субепітеліальні помутніння здатні спричиняти зниження контрастної чутливості, а в деяких випадках — викривлення зображення. У пацієнтів літнього віку, які часто мають супутній синдром сухого ока, передопераційна терапія та профілактика дисфункції мейбомієвих залоз є обов'язковими для поліпшення зорових результатів [104-105].

Післяопераційна реабілітація та дотримання пацієнтом рекомендацій лікаря також впливають на кінцевий результат. Відомо, що відсутність належного контролю запального процесу, несвоєчасне виявлення ускладнень (наприклад, вторинної катаракти чи макулярного набряку) може нівелювати позитивний ефект від операції [106-108].

Наявність астигматизму до операції також відіграє роль у плануванні хірургічного втручання. Імплантація торичних ІОЛ у пацієнтів з рогівковим астигматизмом понад 1,0 D дозволяє досягти кращої якості зору без окулярної корекції, порівняно з пацієнтами, у яких не було проведено відповідної корекції під час операції [109-111].

Вік пацієнта та когнітивний статус також мають значення. Старші пацієнти з порушенням когнітивної функції можуть мати складності в адаптації до змін зору або неправильно інтерпретувати результати лікування. Існує кореляція між когнітивними здібностями та здатністю пацієнта правильно оцінити своє зорове сприйняття, що необхідно враховувати при проведенні доопераційного консультування та визначенні очікуваних результатів [112].

Таким чином, при виборі хірургічної тактики слід враховувати не лише традиційні показники гостроти зору, але й інші функціональні характеристики зорової системи. Комплексний підхід, орієнтований на індивідуальні потреби

пацієнта, дозволяє досягти більш передбачуваних і стабільних результатів, покращуючи якість життя після хірургічного втручання.

1.5. Вікова катаракта в контексті супутніх патологій

Вікова катаракта рідко існує, як самостійне захворювання, оскільки пацієнти старшого віку часто мають низку супутніх соматичних і офтальмологічних захворювань, що можуть впливати, як на перебіг хвороби, так і на ефективність хірургічного втручання. Найбільш поширеними серед супутніх патологій є артеріальна гіпертензія, цукровий діабет, хронічні обструктивні захворювання легень, а також вікова макулярна дегенерація, глаукома та інші зміни з боку сітківки. Наявність таких станів значно ускладнює ведення пацієнта та вимагає мультидисциплінарного підходу до лікування [113-114].

Цукровий діабет, зокрема другого типу, є одним із провідних факторів ризику розвитку катаракти в більш молодому віці, а також чинником, що обтяжує прогноз функціонального відновлення після операції. Діабетична ретинопатія може не лише співіснувати з катарактою, але й прогресувати після хірургічного втручання, особливо при відсутності належного контролю глікемії. Зниження щільності ендотеліальних клітин рогівки, зміни в мікроциркуляції сітківки, а також порушення метаболізму кришталика є ключовими механізмами, які поєднують катаракту та діабет. Крім того, діабет сприяє підвищенню ризику розвитку макулярного набряку після хірургічного втручання, що потребує попередньої оцінки макулярної зони за допомогою ОКТ і, за потреби, профілактичного або супутнього лікування [115-116].

У пацієнтів із тяжкою формою цукрового діабету, зокрема при наявності проліферативної діабетичної ретинопатії або діабетичного макулярного набряку, вибір терміну хірургічного втручання має бути ретельно зваженим. У цих випадках необхідна взаємодія з ретинологом, оскільки оперативне втручання може активізувати ретинопатію або спричинити прогресування набряку.

Ще однією важливою супутньою патологією є глаукома, яка не лише часто зустрічається у вікових пацієнтів, але й безпосередньо впливає на планування

хірургічного втручання. Підвищений внутрішньоочний тиск, тривале застосування місцевих глюкокортикостероїдів, зміни в зоровому нерві — все це може спричинити ускладнення як під час, так і після операції. В таких випадках показано комбіноване хірургічне лікування або ретельне доопераційне планування з акцентом на стабілізацію тиску [117].

В осіб похилого віку нерідко діагностується глаукома — як відкритокутова, так і закритокутова форми. Її наявність ускладнює прогнозування результатів хірургічного лікування, оскільки вже можуть бути незворотні зміни в зоровому нерві та поля зору. Крім того, у таких пацієнтів часто зустрічаються зміни кута передньої камери, що може вплинути на перебіг операції. У пацієнтів з відкритокутовою глаукомою, особливо за стабілізованого внутрішньоочного тиску, доцільно розглядати ізолювану факоемульсифікацію. У випадках нестабільної або рефрактерної глаукоми може бути рекомендоване комбіноване втручання — факотрабекулектомія або застосування мікроінвазивних методик [118].

Пацієнти з псевдоексfolіативним синдромом становлять групу підвищеного хірургічного ризику, оскільки ця патологія часто супроводжується слабкістю зв'язкового апарату кришталика, нестабільністю передньої камери та підвищеним ризиком інтраопераційних ускладнень. У таких випадках важливо забезпечити адекватну стабілізацію капсульного мішка та враховувати можливі зміни положення ІОЛ у післяопераційному періоді.

Наявність вікової макулярної дегенерації (ВМД), особливо її неексудативної форми, є ще одним вагомим фактором, який визначає якість зору після факоемульсифікації. У пацієнтів із ранніми ознаками ВМД результати хірургічного лікування можуть бути задовільними лише за умови точної оцінки макулярної зони за допомогою ОКТ. У випадках пізньої діагностики чи прогресування дегенеративних змін навіть успішна операція не гарантує високого зорового комфорту. Особливої уваги вимагає диференціація сухої та вологих форм ВМД, оскільки остання потребує попереднього або паралельного лікування анти-VEGF препаратами [119-120].

Деякі супутні захворювання, як-от синдром сухого ока або хронічні запальні ураження переднього відрізка ока— кератопатії, рогівкові дистрофії, попередні

травми або хірургічні втручання, здатні змінювати біомеханічні властивості рогівки та ускладнювати точність біометричних розрахунків. Зокрема, стан ендотелію рогівки є критичним у пацієнтів з фактогенними факторами ризику, такими як вузька передня камера чи щільна катаракта. Недостатність ендотелію підвищує ймовірність розвитку набряку рогівки після операції. Це створює додаткові труднощі при виборі моделі ІОЛ та прогнозуванні післяопераційного рефракційного результату. У таких випадках доцільне попереднє лікування супутніх станів та повторна біометрія перед остаточним плануванням втручання.

Синдром мілкої передньої камери також є поширеною супутньою умовою у літніх пацієнтів із катарактою. Цей анатомічний варіант значно підвищує ризик інтраопераційних ускладнень, таких як пошкодження ендотелію, розрив задньої капсули або втрата склистого тіла. Для таких випадків доцільним є ретельне передопераційне планування з урахуванням ультразвукової біомікроскопії та ОКТ переднього сегмента [121].

Також має значення анатомічна будова очного яблука, зокрема висока міопія або гіперметропія, які можуть ускладнювати проведення операції та впливати на точність рефракційного результату. У пацієнтів із високим ступенем аметропії важливим є точний біометричний аналіз і використання відповідних формул для розрахунку сили ІОЛ, а також адекватне інформування про можливі обмеження щодо остаточного зорового результату [122].

Крім офтальмологічних проблем, не менш важливими є системні захворювання, зокрема серцево-судинні патології. Артеріальна гіпертензія, порушення серцевого ритму та стенокардія впливають на анестезіологічний супровід та вимагають уважного моніторингу під час операції. Такі пацієнти потребують міждисциплінарного підходу — тісної взаємодії між офтальмологом, терапевтом, ендокринологом і анестезіологом — з метою мінімізації ризиків ускладнень і забезпечення максимально ефективної реабілітації [123].

Крім поширених метаболічних і серцево-судинних порушень, у пацієнтів із віковою катарактою нерідко діагностуються нейродегенеративні захворювання, такі як хвороба Альцгеймера чи хвороба Паркінсона. Такі стани впливають не лише на

загальний соматичний статус, а й на здатність до адаптації після операції, комплаєнтність пацієнта та суб'єктивне сприйняття покращення зору. У таких випадках передопераційна оцінка очікувань та когнітивного рівня хворого має важливе значення для формування реалістичного прогнозу [124].

Ревматологічні захворювання, зокрема синдром Шегрена чи інші системні колагенози, також можуть значно впливати на офтальмологічну ситуацію у пацієнта. Часто ці стани супроводжуються вираженим синдромом сухого ока, який погіршує якість зору після операції та подовжує період зорової реабілітації. У таких випадках необхідна передопераційна стабілізація стану поверхні ока.

Порушення метаболізму кальцію, хронічна ниркова недостатність та інші системні захворювання можуть призводити до змін у складі внутрішньоочної рідини, підвищеного ризику кальцифікації структур переднього сегмента ока та, як наслідок, — зменшення ефективності зорової реабілітації після імплантації ІОЛ. Такі стани потребують обережного ведення та підвищеної пильності в післяопераційному моніторингу [125].

Усі перелічені супутні стани свідчать про необхідність міждисциплінарного підходу до лікування пацієнтів із віковою катарактою. Залучення суміжних спеціалістів — ендокринолога, терапевта, кардіолога, ревматолога — дозволяє знизити ризики ускладнень, покращити прогноз операції та забезпечити цілісний підхід до збереження зорової функції у літніх пацієнтів.

Таким чином, наявність супутніх патологій у пацієнтів із віковою катарактою є визначальним чинником при плануванні хірургічного лікування. Комплексна оцінка стану пацієнта дозволяє не лише знизити ризик ускладнень, але й обрати оптимальну тактику лікування, що включає індивідуалізований вибір ІОЛ, строки втручання та післяопераційне ведення.

Резюме до розділу 1

Отже, було наведено узагальнення сучасних літературних даних, щодо проблеми вікової катаракти та чинників, що впливають на функціональні результати її хірургічного лікування. Представлено аналіз патогенезу, етіологічних чинників та класифікацій захворювання, з акцентом на ключові біохімічні процеси, що

зумовлюють помутніння кришталика. Детально охарактеризовано топографічні та морфологічні форми катаракти, що мають значення для клінічної діагностики та планування втручання. Розглянуто роль оксидативного стресу, глікації білків, метаболічних і вікових змін у розвитку патології, а також підкреслено значущість використання інструментальних методів для об'єктивної оцінки прозорості кришталика.

Проаналізовано поширеність вікової катаракти та її соціальне значення. Зокрема, висвітлено її вплив на якість життя пацієнтів, повсякденну активність та емоційний стан. Підкреслено актуальність ранньої діагностики та своєчасного хірургічного втручання, що стає все більш актуальним на тлі старіння населення.

Вказано на необхідність модернізації підходів до скринінгу та обстеження, включення додаткових функціональних тестів до стандартного протоколу, з метою виявлення пацієнтів, які вже зазнали зниження зорової якості при збереженій візометрії.

Окремий підпункт присвячено історії розвитку хірургічних підходів при катаракті. Від методів “couching” до сучасної факоемульсифікації з активною флюїдною системою та лазерною підтримкою – висвітлено основні етапи еволюції хірургічної техніки. Детально описано вдосконалення конструкцій інтраокулярних лінз, зокрема асферичних, мультифокальних та торичних моделей, що враховують індивідуальні особливості зорової системи пацієнта. Підкреслено значення вибору типу ІОЛ у досягненні високої якості зору в умовах змінного освітлення.

Важливу увагу приділено факторам, що впливають на функціональні результати після факоемульсифікації. Показано, що гострота зору не завжди корелює із суб'єктивною якістю зору пацієнта. Контрастна чутливість, сферичні аберації, стан рогівки, морфологія макули, психофізичні особливості та біометричні параметри є критичними для прогнозування післяопераційного результату.

Значну частину розділу присвячено впливу супутніх патологій на ефективність хірургічного лікування катаракти. Цукровий діабет, глаукома, вікова макулярна дегенерація, синдром сухого ока та загальносоматичні хвороби (артеріальна гіпертензія, ниркова недостатність, колагенози) розглянуто, як фактори, що можуть

ускладнити перебіг операції або обмежити відновлення зору. Описано міждисциплінарні підходи до лікування таких пацієнтів та наведено рекомендації щодо перед- та післяопераційного ведення з урахуванням супутніх станів.

Таким чином, проведений аналіз літератури підтверджує необхідність комплексного та індивідуалізованого підходу до ведення пацієнтів із віковою катарактою. Урахування функціональних, морфологічних та супутніх факторів дозволяє покращити точність прогнозування результатів хірургічного лікування, підвищити ефективність реабілітації та задоволеність пацієнтів.

РОЗДІЛ 2. ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Дизайн дослідження, загальна характеристика

Дисертаційна робота виконувалася на клінічних базах кафедри офтальмології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця КНП «Свято-михайлівська клінічна лікарня м. Києва» та ТОВ «Зір 100%» в період 2021-2025 років.

Дослідження було проспективним, емпіричним, когортним, аналітичним. Усі ацієнти, що приймали участь у дисертаційному дослідженні, давали інформовану згоду, текст якої затверджено на засіданні кафедри офтальмології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця (протокол засідання № 3 від «23» жовтня 2021 р.).

Проведення даного дослідження було узгоджено та затверджено на Комісії з питань біоетичної експертизи та етики наукових досліджень при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця від 29.11.2021 року (протокол засідання №153).

Усі клінічні дослідження проводилися відповідно до етичних норм, викладених у Гельсінській декларації Всесвітньої медичної асоціації (редакція 1964 року з подальшими доповненнями, включно з версією 2000 року), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1977 р.), нормативних документів Всесвітньої організації охорони здоров'я, Міжнародної ради медичних наукових товариств, Міжнародного кодексу медичної етики (1983 р.), а також чинного законодавства України і наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р.

Дослідження було сплановано, як проспективне порівняльне клінічне дослідження, метою якого було визначення впливу типу інтраокулярної лінзи, контрастної чутливості, сферичних аберацій та стану макулярної зони на функціональні результати після факоемульсифікації катаракти у пацієнтів віком 45–75 років.

Загалом у дослідження було включено 240 пацієнтів (240 очей), яким проводилось планове хірургічне лікування катаракти методом ультразвукової факоемулсифікації з імплантацією однієї з чотирьох типів інтраокулярних лінз: сферичної монофокальної, асферичної монофокальної, асферичної з фільтром синього світла, та торичної асферичної ІОЛ. Розподіл пацієнтів за типами ІОЛ здійснювався з урахуванням клінічних показань та індивідуальних особливостей зорової системи.

В дослідженні брали участь 240 пацієнтів віком від 45 до 75 років (60 ± 9), з них 120 чоловіків (50%) та 120 жінок (50%), яких було розподілено на 2 групи.

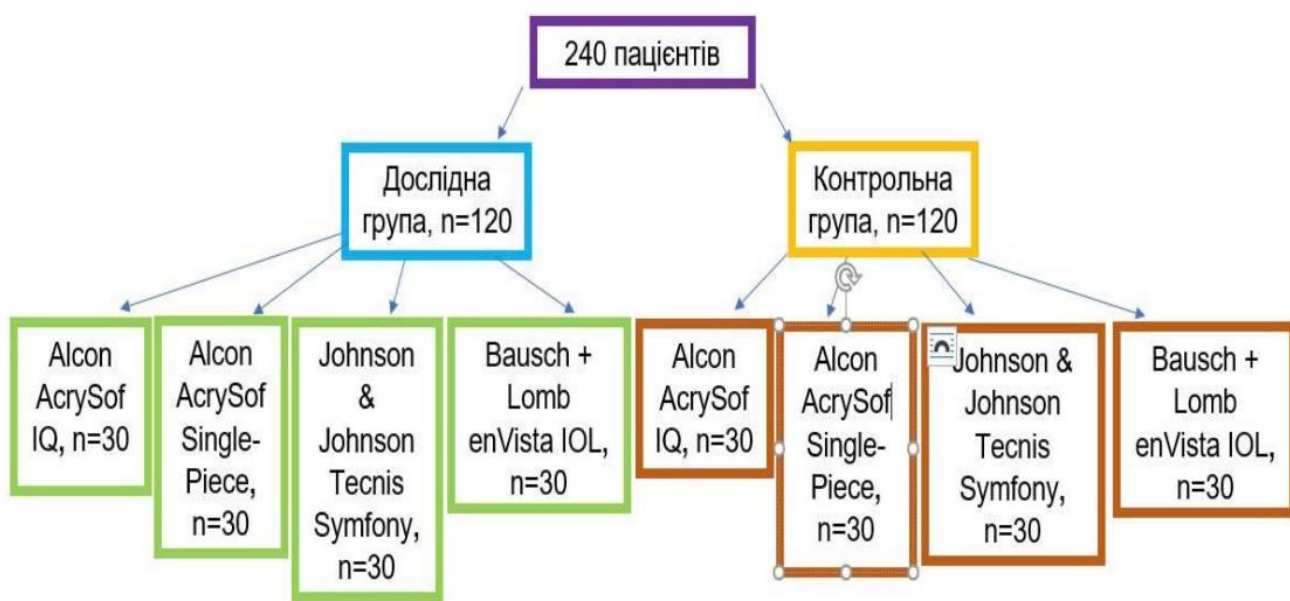


Рис. 2.1. Характеристика пацієнтів по групах

До контрольної групи увійшло 120 осіб (120 очей) з діагнозом «вікова катаракта» та максимально коригованою гостротою зору $<0,8$, що поділена на 4 підгрупи по 30 осіб, яким було імплантовано 4 різних ІОЛ. До дослідної групи увійшло 120 осіб з діагнозом «вікова катаракта» та максимально коригованою гостротою зору $0,8-1,0$, що поділена на 4 підгрупи по 30 осіб, яким було імплантовано 4 різних ІОЛ.

Кожна група була поділена на 4 підгрупи в залежності від виду імплантованої ІОЛ:

1. Alcon Acrysof IQ (по 30 осіб з кожної групи);
2. Alcon Acrysof Single-Piece (по 30 осіб з кожної групи);
3. Johnson & Johnson Tecnis Symphony (по 30 осіб з кожної групи);
4. Bausch + Lomb enVista IOL (по 30 осіб з кожної групи).

Критерії включення в дослідження:

- Пацієнти віком від 45 до 75 років;
- Наявність вікової катаракти, що потребує хірургічного лікування методом факоемульсифікації;
- Відсутність клінічно значущих патологій сітківки, зорового нерва та переднього відрізка ока (окрім катаракти);
- Згода пацієнта на участь у дослідженні (інформована згода);
- Можливість спостереження пацієнта в динаміці після операції (мінімум 3 місяці);
- Візометрія у межах від 0,4 до 1,0 (максимально коригована гострота зору).

Критерії виключення:

- Раніше перенесені оперативні втручання на очах;
- Глаукома, діабетична ретинопатія, дистрофічні процеси сітківки або рогівки;
- Цукровий діабет I або II типу в стадії декомпенсації;
- Запальні або інфекційні захворювання ока в анамнезі;
- Супутні тяжкі загальносоматичні захворювання, що обмежують можливість участі в дослідженні;

Хірургічні втручання проводились за єдиним алгоритмом одним хірургом з використанням мікроінвазивної факоемульсифікації через 2,2 мм розріз з імплантацією ІОЛ у капсульний мішок. Усі пацієнти отримували стандартне післяопераційне лікування, що включало антибактеріальні та протизапальні препарати відповідно до національного протоколу лікування катаракти.

Для оцінки ефективності лікування проводився аналіз функціональних результатів у динаміці: до операції, на 7-й, через 1 місяць та через 3 місяці після імплантації. Основними критеріями результативності були максимально коригована гострота зору, показники контрастної чутливості, рівень сферичних аберацій та стан макули.

2.2. Методи офтальмологічних досліджень

Під час виконання дослідження всім пацієнтам проводилось офтальмологічне обстеження: до операції, на 7 день, через 1 місяць та через 3 місяці:

- Через 7 днів (ранній післяопераційний період) - це період первинного відновлення після операції, коли усуваються ранні післяопераційні набряки, адаптується оптична система ока до ІОЛ. Дозволяє оцінити початкове функціональне відновлення зору та виявити можливі короточасні ускладнення або нестабільність.
- Через 1 місяць (пізній післяопераційний період) - це період, де більшість пацієнтів досягають стабільного результату гостроти зору та контрастної чутливості. На цей момент завершуються основні процеси запальної реакції та адаптації до ІОЛ.
- Через 3 місяці (віддалений післяопераційний період) - це період, який дозволяє оцінити тривалий функціональний ефект операції, включаючи стабілізацію сферичних аберацій, повну зорову адаптацію, а також перевірити стійкість досягнутих результатів.

Візометрія проводилась з метою оцінки максимально коригованої гостроти зору (МКЗ) кожного пацієнта на різних етапах обстеження. Для цього використовувалися стандартні таблиці Головіна–Сивцева для далини, а також таблиці для ближнього бачення. Обстеження проводили у стандартних умовах освітлення, з підбором відповідної корекції. Візометричні показники оцінювались до операції та у динаміці після неї — на 7-й день, через 1 місяць та через 3 місяці. Результати візометрії служили базовим критерієм оцінки ефективності хірургічного втручання.

Біомікроскопія виконувалась з використанням щілинної лампи (Haag-Streit) для детального обстеження структур переднього сегмента ока. Особливу увагу приділяли стану рогівки, передньої камери, райдужки, кришталика (до операції) та інтраокулярної лінзи (після імплантації). Біомікроскопічна оцінка дозволяла виявити набряк рогівки, запальні зміни, нестабільність ІОЛ, вторинну катаракту, а також відслідковувати стан післяопераційної рани та наявність швів (за потреби).

Офтальмоскопія здійснювалась після мідріазу, викликаного мідріатиками короткої дії. Для дослідження очного дна застосовували прямий і непрямий методи офтальмоскопії, а також огляд за допомогою лінзи Гольдмана. Обстеження проводилось з метою оцінки стану диска зорового нерва, макулярної зони, судин сітківки, а також для виявлення ознак діабетичної ретинопатії або вікової макулярної дегенерації. Ці дані враховувалися під час визначення прогнозу зорової функції після операції.

Аutoreфрактометрія проводилась з використанням автоматичного рефрактометра (Торсон). Обстеження проводили у темному приміщенні, в положенні сидячи. Дослідження дозволяло оцінити об'єктивну рефракцію ока до та після хірургічного втручання. Отримані показники використовувалися для підбору корекції, зіставлення з очікуваними результатами біометрії та оцінки ефективності імплантованої ІОЛ. Особливу увагу приділяли залишковому сферичному та астигматичному компоненту.

Тонометрія проводилась за Гольдманом, з попередньою анестезією (0,5% Алкаїн). Усі вимірювання здійснювались вранці в один і той самий час для уникнення добових коливань ВОТ. Передопераційна оцінка дозволяла виключити глаукому або офтальмогіпертензію. У післяопераційному періоді тонометрія проводилась для моніторингу можливих ускладнень, зокрема транзиторного підвищення ВОТ або запального процесу.

Гоніоскопія здійснювалась за допомогою трьохдзеркальної лінзи Гольдмана у стандартних умовах. Метою дослідження було визначення ширини кута передньої камери, стану трабекулярного апарату, наявності синехій, пігментних відкладень або

псевдоексfolіативного матеріалу. Це дозволяло диференціювати типи глаукоми (у разі наявності), а також прогнозувати ймовірність ускладнень під час хірургії.

Комп'ютерна периметрія проводилась з використанням автоматизованого периметра (Oculus Centerfield) за стандартною програмою 24-2. Обстеження дозволяло оцінити функціональний стан зорового нерва, поля зору, а також виявити скотом або дефекти, характерні для глаукоми або інших патологій. Цей метод був особливо важливим у пацієнтів із підозрою на супутні невроофтальмологічні розлади.

Оптична когерентна томографія (ОКТ) використовувалась як для оцінки сітківки (зокрема, макулярної зони), так і для діагностики переднього сегмента ока. ОКТ-дослідження проводилось апаратом Topcon. Усі пацієнти проходили сканування макули до та після операції, що дозволяло виявити субклінічні зміни, макулярний набряк, епіретинальні мембрани чи інші патології. Дані ОКТ були важливими для інтерпретації результатів лікування і прогнозу зорової функції.

2.3. Методи клінічного дослідження

Клінічне обстеження пацієнтів у межах дослідження передбачало детальну оцінку функціонального стану зорової системи з використанням спеціалізованих методик, зокрема визначення контрастної чутливості, оцінку рівня сферичних аберацій, а також морфометричний аналіз макули за допомогою ОКТ. Ці показники дозволяли об'єктивізувати функціональні результати після факоемульсифікації та розробити індивідуалізований підхід до вибору тактики лікування.

Контрастна чутливість оцінювалась у двох модифікаціях: з використанням традиційної таблиці Пеллі-Робсона та цифрового тесту Clinic CSF (Contrast Sensitivity Function) на планшетному пристрої. Тестування проводилось в фотопічних та мезопічних умовах за встановленими інструкціями. Таблиця Пеллі-Робсона дозволяла визначити здатність пацієнта розпізнавати букви зі зниженим контрастом на відстані 1 м, а цифровий тест Clinic CSF — надати графічний профіль контрастної чутливості на різних просторових частотах. Ці методи використовувались як доопераційно, так і після хірургії — на 7-й день, через 1 місяць та 3 місяці.

Контрастна чутливість розглядалася як ключовий функціональний параметр зору, що дає змогу оцінити якість зорового сприйняття в умовах, близьких до реального життя. Вона визначає здатність зорової системи розрізняти об'єкти, які мало відрізняються за яскравістю від фону, і є чутливим маркером порушень, що залишаються непоміченими при стандартному візометричному тестуванні. У рамках дослідження оцінка контрастної чутливості проводилась у два етапи: із застосуванням друкованої таблиці Пеллі-Робсона та цифрового тесту Clinic CSF.

Таблиця Пеллі-Робсона дозволяла кількісно визначити контрастну чутливість у діапазоні низьких просторових частот. Тестування виконувалось у стандартних умовах освітлення (85 cd/m^2) на відстані 1 м від таблиці, що розміщувалась на рівні очей. Дослідження проводилось без корекції та з максимальною корекцією, монокулярно та бінокулярно. Пацієнту пропонувалося прочитати букви, розміщені в триплетах із поступовим зниженням контрастності. Пацієнт читає літери доти, доки не зробить більше однієї помилки. За результат вважається останній ряд, у якій було названо щонайменше одну помилку. Значення записувалися в логарифмічному вираженні (LogCS). Цей метод був простим у виконанні та дозволяв виявити ранні зміни функціонального зору, пов'язані з оптичними або ретинальними факторами.



Рис. 2.3. Таблиця Пеллі-Робсона

Clinic CSF (Contrast Sensitivity Function) — це цифрова платформа для оцінки контрастної чутливості, яка дозволяє побудувати індивідуальний профіль пацієнта за широким спектром просторових частот. Тест базується на методиці адаптивного порогового визначення (qCSF) і був реалізований на планшетному пристрої із каліброваним екраном. Пацієнт сидить у зручному положенні на відстані 50 см від планшета або монітора, на якому відображається адаптивна серія стимулів. Під час дослідження пацієнт повинен розпізнавати напрямки орієнтованих смуг (граток), що поступово змінюють просторову частоту і контраст. Вся процедура триває в середньому 5–7 хвилин на одне око. Система автоматично підлаштовувалась під відповіді пацієнта, що забезпечувало швидке та точне визначення функції контрастної чутливості (CSF) у всьому діапазоні зорових частот. Платформа Clinic CSF застосовує психофізичну адаптивну методику, що автоматично змінює параметри стимулів відповідно до відповідей пацієнта.

Отримані дані дозволяли оцінити максимальну контрастну чутливість, критичну просторову частоту, а також інтегральний показник — площу під кривою контрастної чутливості (AULCSF — area under the log CSF curve), що служила зведеним індикатором функціонального зору. Цей цифровий метод виявився значно більш чутливим до незначних змін після хірургічного втручання, порівняно зі стандартною таблицею Пеллі-Робсона, і використовувався у всіх пацієнтів обох груп у динаміці.

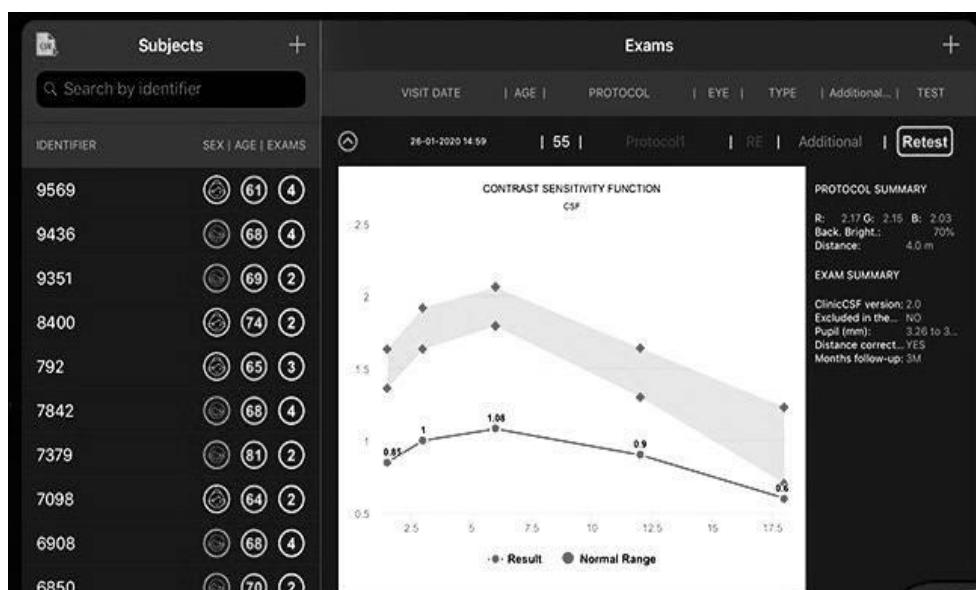


Рис. 2.4. Цифровий тест Clinic CSF Contrast Sensivity

Оцінка контрастної чутливості проводилася до операції та в післяопераційні терміни: на 7-й день, через 1 місяць та через 3 місяці після факоемульсифікації. Це дозволяло відслідковувати зміни у функціональних параметрах та зіставляти їх із типом імплантованої ІОЛ. Контрастна чутливість, особливо за низьких рівнів контрасту та в умовах слабкого освітлення, є важливим показником зорового комфорту і має суттєве значення для суб'єктивного задоволення пацієнта результатами операції.

Сферичні аберації визначались за допомогою хвильового фронт-аналізу (wavefront aberrometry) з використанням пристрою iTrace (Tracey Technologies). Дослідження виконувалось у мідріазі, при діаметрі зіниці 6 мм. Отримані Z-коефіцієнти сферичних аберацій (Z_4^0) використовувалися для порівняння між різними типами імплантованих ІОЛ (сферичних та асферичних). Дані фіксували до операції та в динаміці після втручання для оцінки ефективності корекції аберацій оптичної системи ока.

Сферичні аберації є одним із ключових параметрів, що характеризують оптичну якість ока. Вони виникають у результаті нерівномірного заломлення світлових променів у центральній і периферичній частинах оптичної системи та призводять до зниження контрастності, появи гало, нечіткого зображення, особливо в умовах слабкого освітлення або широкої зіниці. У межах даного дослідження аналіз сферичних аберацій проводився з метою оцінки змін у хвильовому фронті після імплантації різних моделей інтраокулярних лінз ІОЛ.

Значення сферичних аберацій визначались для діаметра зіниці 6 мм, що відповідає фізіологічним умовам зору при низькому освітленні. Окремо враховувались аберації, зумовлені передньою поверхнею рогівки, внутрішньоочною лінзою та загальна аберація очної системи. Це дозволяло порівнювати здатність різних типів ІОЛ (сферичних, асферичних, торичних) компенсувати рогівкові аберації та забезпечувати стабільну якість зору.

Особлива увага приділялась співвідношенню позитивних рогівкових аберацій і негативних аберацій ІОЛ, адже їх баланс дозволяє досягти нульового рівня загальної сферичної аберації, що вважається оптимальним для зору в умовах низького

контрасту. Асферичні ІОЛ із від'ємним значенням сферичної аберації (приблизно – 0,20 мкм) були запропоновані для імплантації пацієнтам із високими візуальними вимогами та інтактною макулою.

Сферичні аберації оцінювались у динаміці: до операції, на 7-й день, через 1 та 3 місяці після факоемульсифікації. Такий підхід дозволяв проаналізувати ефективність кожного типу ІОЛ щодо покращення хвильової оптики та виявити, які моделі забезпечують кращу якість зору у функціональному сенсі. Результати оцінки сферичних аберацій співставлялись із показниками контрастної чутливості, що дозволяло виявити закономірності між фізичними характеристиками ІОЛ та суб'єктивним зоровим комфортом.

Оптична когерентна томографія макули (ОКТ) проводилась для морфологічного аналізу фовеолярної та парафовеолярної зон. Усі пацієнти проходили обстеження за допомогою спектральної ОКТ (апарат Торсон). Особливу увагу приділяли таким параметрам, як товщина центральної зони фовеа, об'єм макули, стан шару фоторецепторів, наявність субклінічних змін у пігментному епітелії або внутрішньосітківкових порожнин. Ці характеристики використовувались як предиктори післяопераційної функціональної ефективності, особливо в групі пацієнтів із високою передопераційною гостротою зору.

Оптична когерентна томографія (ОКТ) є високоточною неінвазивною технологією візуалізації, яка дозволяє отримати поперечні зрізи сітківки з мікронною роздільною здатністю. У межах дослідження ОКТ використовувалась для аналізу морфологічного стану макулярної зони до операції та в динаміці після факоемульсифікації. Основна увага приділялась оцінці центральної фовеолярної товщини, цілісності шару фоторецепторів та пігментного епітелію, а також наявності набрякових або дегенеративних змін.

Для кожного пацієнта проводилось сканування макулярної зони з використанням стандартного протоколу: 25 горизонтальних зрізів на площі 6х6 мм з реєстрацією центральної товщини сітківки в області фовеа.

Доопераційно визначалась центральна товщина фовеа (Central Subfield Thickness, CST), а також наявність ознак деструкції зовнішніх шарів сітківки —

порушення безперервності IS/OS лінії фоторецепторів, шару епітелію, сегменту Ellipsoid Zone (EZ). У післяопераційні терміни (7 днів, 1 місяць, 3 місяці) повторне ОКТ дозволяло виявляти ознаки макулярного набряку, вторинних змін або покращення морфології.

Окремо аналізувалась симетрія сітківкової архітекtonіки, наявність субклінічних змін, таких як мікроцисти в шарі внутрішніх ядер або зміни профілю фовеоли. Ці параметри співвідносились із функціональними показниками, насамперед — контрастною чутливістю, з метою виявлення морфологічних предикторів зорового дискомфорту навіть за умов високої максимально коригованої гостроти зору.

Результати ОКТ також враховувались при визначенні тактики хірургічного втручання, зокрема термінів операції у пацієнтів із гранично високою гостротою зору, а також у виборі типу ІОЛ. При наявності ознак ранніх дегенеративних змін у фовеа перевага надавалась асферичним монофокальним моделям з оптимізованим дизайном. ОКТ-дослідження стало невід’ємним компонентом перед- та післяопераційного контролю функціонального прогнозу у пацієнтів з віковою катарактою.

Результати клінічних досліджень порівнювались у динаміці за чітко визначеними часовими точками: до хірургічного втручання, на 7-й день, через 1 місяць та 3 місяці після факоемульсифікації. Це дозволяло відслідковувати зміни функціональних параметрів у коротко- та середньостроковому періодах, що мало вирішальне значення для аналізу ефективності обраної хірургічної тактики.

Усі клінічні дослідження були стандартизовані та проводились однією і тією ж командою дослідників з дотриманням методичних рекомендацій, що забезпечило високу відтворюваність результатів. Обробка отриманих даних здійснювалась з використанням електронних форм фіксації показників, а динаміка змін вивчалась порівняльним методом між групами з різними типами ІОЛ.

2.4. Методи статистичного аналізу та математичної обробки

Для обробки результатів клінічного дослідження було використано сучасні методи математичної статистики з метою об'єктивної інтерпретації отриманих даних, встановлення статистично значущих відмінностей між групами пацієнтів та побудови прогностичної моделі. Для обробки даних використовували програмні пакети MedStat (версія 4.0) та EZR (Easy R) — статистичне програмне забезпечення, побудоване на базі R, що широко застосовується у медичних дослідженнях. Вибір статистичних методів обґрунтовувався типом отриманих даних, їх розподілом та характером порівнюваних змінних.

Перед аналізом дані перевірялися на повноту, коректність внесення, а також наявність викидів і пропущених значень. Для опису кількісних змінних було застосовано методи описової статистики: середнє арифметичне (M), стандартне відхилення (SD), медіану (Me), мінімальні та максимальні значення (Min, Max), міжквартильний розмах (IQR). Для якісних змінних використовувались абсолютні значення (n) та відсоткові частки (%).

Оцінка відповідності розподілу кількісних показників нормальному закону проводилася за допомогою тесту Шапіро–Вілка. У випадках нормального розподілу для порівняння міжгрупових середніх значень застосовувався t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок. Якщо розподіл відхилявся від нормального, використовувався непараметричний критерій Манна–Вітні. Для оцінки відмінностей між трьома і більше групами застосовували ANOVA або критерій Краскела–Волліса з пост-хок аналізом (Dunn's test).

Кореляційний аналіз проводився із використанням коефіцієнтів кореляції Пірсона (при нормальному розподілі) або Спірмена (при відхиленні від нормальності) для визначення сили і напрямку зв'язків між показниками (контрастної чутливості, аберацій, товщини макули. Значущими вважалися кореляції при $p < 0,05$. Також застосовувалися парні порівняння до- та післяопераційних даних з використанням відповідних парних тестів.

Для побудови прогностичної моделі було використано метод бінарної логістичної регресії. Змінні, які показали значущість у попередньому аналізі, включалися до моделі як незалежні предиктори. Адекватність моделі оцінювалась за

допомогою статистики Хосмера–Лемешоу, а якість класифікації – за площею під ROC-кривою (AUC). Для візуалізації результатів використовувались графіки, діаграми розсіювання, коробкові діаграми (boxplots), гістограми та ROC-криві.

Для аналізу якісних (категоріальних) змінних застосовували критерій χ^2 (хи-квадрат) Пірсона або, за потреби, точний критерій Фішера. Це дозволяло виявити асоціації між категоріями, наприклад, між типом імплантованої ІОЛ і рівнем післяопераційного зорового комфорту. Результати подані у вигляді частот і відсотків, із зазначенням рівня статистичної значущості.

Для перевірки внутрішньої узгодженості шкал та опитувальників, які використовувались для оцінки зорової якості (шкали суб'єктивної задоволеності зоровою функцією), визначали коефіцієнт Кронбаха (Cronbach's alpha). Значення $\alpha \geq 0,7$ вважали прийнятним для внутрішньої консистентності.

З метою побудови наочної картини динаміки змін функціональних показників у різних підгрупах пацієнтів (залежно від типу ІОЛ, стану макули, рівня контрастної чутливості) застосовували методи диференціації та аналізу підгруп. Це дозволяло ідентифікувати клінічно релевантні відмінності та уточнювати рекомендації щодо вибору тактики хірургічного втручання.

Використання ROC-аналізу дозволило оцінити прогностичну здатність окремих показників, зокрема контрастної чутливості, товщини фовеа, сферичних аберацій та інших, щодо ймовірності досягнення високої якості зору після операції. Критерієм якості моделі виступала площа під кривою (AUC), яка інтерпретувалась згідно з загальноприйнятими шкалами: значення $AUC > 0,7$ — добра здатність до розпізнавання.

Усі статистичні розрахунки супроводжувалися визначенням рівня значущості (p). Значення $p < 0,05$ вважалося статистично значущим. У випадках множинних порівнянь використовували корекцію за Бонферроні для зменшення ризику хибнопозитивних результатів. Отримані дані подано у вигляді таблиць і графіків, що дозволяють чітко представити результати клінічного дослідження та обґрунтувати прогностичну модель функціональних результатів після факоемульсифікації.

Для вивчення взаємозв'язку між кількома змінними, що впливають на результати лікування, застосовувалося багатфакторне регресійне моделювання. Залежною змінною виступали показники функціонального зору після операції, а незалежними — тип ІОЛ, вихідний рівень контрастної чутливості, ступінь сферичних аберацій, товщина макулярної зони тощо. Це дозволяло визначити вагомість кожного фактора у прогнозуванні ефективності втручання.

Для оцінки достовірності відмінностей між середніми значеннями показників у досліджуваних групах застосовували t-критерій Стюдента (для нормально розподілених даних) або непараметричний критерій Манна-Уїтні (для випадків порушення нормальності). Нормальність розподілу перевіряли за допомогою тесту Шапіро–Уїлка. Результати подавалися із середнім значенням (M) та стандартним відхиленням (SD) або медіаною та міжквартильним інтервалом (IQR).

В окремих випадках застосовували аналіз дисперсії (ANOVA) для багаторазових порівнянь між більше ніж двома групами. У разі виявлення статистично значущих відмінностей використовувались пост-хок тести (Bonferroni, Tukey) для з'ясування парних відмінностей між групами. Це було доцільно, зокрема, при порівнянні показників у пацієнтів з різними типами імплантованих ІОЛ.

Для створення прогностичної моделі, що дозволяє оцінити ймовірність досягнення високої функціональної ефективності після операції, проводили логістичну регресію. До моделі включались змінні, які мали статистично значущий вплив на функціональні результати. Надалі здійснювалася валідація моделі на підставі крос-перевірки та оцінки її прогностичної здатності за допомогою ROC-аналізу.

Візуалізація отриманих даних здійснювалася у вигляді гістограм, діаграм розсіювання, ліній динаміки, box-plot діаграм, а також ROC-кривих. Це дозволяло наочно представити розподіл показників, динаміку змін та ефективність запропонованих клінічних підходів. Усі графічні елементи супроводжувались поясненням та відповідними підписами, що дозволяло інтерпретувати результати з максимальною точністю.

З метою визначення рівня діагностичної цінності окремих показників у прогнозуванні функціональних результатів після факоемульсифікації використовували ROC-аналіз (Receiver Operating Characteristic). За його допомогою обчислювали площу під кривою (AUC), чутливість та специфічність тесту, що дозволяло визначити оптимальні порогові значення клінічних параметрів для оцінки рівня ризику.

Для зручності клінічного застосування результати аналізу оформлювались у вигляді таблиць ймовірностей та діагностичних алгоритмів. Результати, які мали значення $p < 0,05$, вважались статистично значущими. Для контролю багатократних порівнянь використовували поправку Бонферроні. Також враховували коефіцієнти кореляції між показниками, зокрема за Спірменом або Пірсоном, залежно від типу даних.

У разі необхідності аналізували динаміку змін функціональних показників у різні терміни спостереження. Для цього застосовували методи повторних вимірювань (repeated measures ANOVA або Friedman test). Це дозволяло оцінити не лише ефект операції в цілому, а й характер змін зорових функцій у коротко- та середньостроковій перспективі

При формуванні груп для статистичного аналізу дотримувались принципів однорідності щодо віку, статі, вихідної гостроти зору, супутньої офтальмопатології. Усі змінні попередньо перевірялися на наявність викидів, які видалялися у разі обґрунтованого впливу на результати аналізу. Оцінювалась потужність дослідження (power analysis) для верифікації вибірки.

Для систематизації та візуалізації отриманих результатів створювались таблиці з розподілом показників у кожній групі, їх середніми значеннями, стандартними відхиленнями та значеннями p . Графіки створювались відповідно до академічних вимог, із зазначенням осей, одиниць виміру, легенд та достовірності різниці між групами. Це забезпечувало репрезентативність та точність інтерпретації результатів.

Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали з використанням програмного забезпечення MedStat (версія 4.0), що адаптоване до потреб медичних досліджень та дозволяє виконувати розрахунки базових і розширених статистичних

параметрів. У програмі проводили перевірку гіпотез, оцінювали нормальність розподілу, порівнювали середні значення за t-критерієм Стюдента або непараметричним U-критерієм Манна–Вітні, обчислювали χ^2 для частотних змінних, а також будували ROC-криві з розрахунком AUC. MedStat забезпечував зручний інтерфейс для побудови графіків, таблиць та підсумкових статистичних звітів, що дозволяло оперативно аналізувати обсяг даних дослідження та представляти результати у науково вивіреному форматі.

У MedStat виконували описову статистику, порівняльний аналіз, побудову графіків, частотні розрахунки та перевірку статистичних гіпотез. За допомогою EZR здійснювали більш складну статистичну обробку, включно з логістичною регресією, побудовою ROC-кривих, аналізом AUC, визначенням чутливості та специфічності прогностичних моделей. Обидві програми дозволили отримати точні та достовірні результати, що були використані для обґрунтування висновків та створення індивідуалізованої прогностичної моделі ефективності хірургічного лікування вікової катаракти.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ КОНТРАСТНОЇ ЧУТЛИВОСТІ У ПАЦІЄНТІВ З ВІКОВОЮ КАТАРАКТОЮ

Контрастна чутливість є одним із найважливіших функціональних показників зору, який значною мірою впливає на якість життя пацієнтів із катарактою. На відміну від стандартної візометрії, яка відображає здатність ока розрізняти об'єкти при високому контрасті, контрастна чутливість дозволяє оцінити ефективність зорового сприйняття в умовах реального життя, зокрема при недостатньому освітленні або при спостереженні за об'єктами зі зниженою контрастністю. Це особливо актуально для осіб старшого віку, які часто скаржаться на труднощі під час читання, водіння автомобіля в сутінках або орієнтації в умовах недостатнього освітлення [96].

У зв'язку з цим оцінка контрастної чутливості набуває особливої ваги при плануванні хірургічного лікування катаракти, а також у післяопераційному моніторингу функціонального результату. У цьому розділі подано результати аналізу змін контрастної чутливості у пацієнтів із віковою катарактою після факоемульсифікації з імплантацією різних моделей ІОЛ, проведено порівняння традиційного методу вимірювання за таблицею Пеллі-Робсона і цифрового тесту Clinic CSF, а також вивчено особливості контрастної чутливості у пацієнтів з різним рівнем доопераційної гостроти зору. Отримані дані дозволяють глибше зрозуміти роль контрастної чутливості як предиктора візуального комфорту та ефективності хірургічного втручання.

У дослідженні проаналізовано результати вимірювання контрастної чутливості двома методами — за допомогою традиційної таблиці Пеллі-Робсона та цифрового тесту Clinic CSF. Такий підхід дозволив не лише оцінити інформативність різних методів, а й визначити функціональні переваги цифрового тестування для клінічної практики. Результати поділено за групами пацієнтів відповідно до початкових зорових характеристик та типу ІОЛ, що дало змогу виявити клінічно значущі особливості функціонального зору після операції.

3.1. Оцінка контрастної чутливості при віковій катаракті: актуальність, клінічний матеріал та методи дослідження

Контрастна чутливість є важливим показником функціонального зору, що відображає здатність зорової системи розрізняти об'єкти, які мало відрізняються від фону. На відміну від гостроти зору, яка фіксує лише найменші деталі при максимальному контрасті, контрастна чутливість демонструє, як пацієнт сприймає навколишнє середовище в умовах реального життя, особливо при поганому освітленні, тумані, сутінках чи яскравому зустрічному світлі. Цей параметр стає особливо важливим при оцінці якості зору у пацієнтів із віковою катарактою, оскільки саме зниження контрастної чутливості є раннім функціональним проявом патології [126-128].

Відомо, що у пацієнтів із катарактою часто спостерігається погіршення зору в умовах недостатнього освітлення, що не завжди корелює з показниками стандартної візометрії. Тому пацієнти можуть мати задовільну або навіть високу максимально кориговану гостроту зору, але при цьому скаржитися на «туманність», втому очей, утруднення при читанні чи водінні у вечірній час. Такі скарги пояснюються саме зниженням контрастної чутливості, що вказує на порушення глибших механізмів обробки зорової інформації [129-131].

Оцінка контрастної чутливості у клінічній практиці набуває все більшої популярності, оскільки дозволяє виявляти субклінічні зорові порушення на ранніх стадіях катаракти. Включення цього тесту до стандартного офтальмологічного обстеження є обґрунтованим кроком до персоналізованого підходу у плануванні оперативного втручання, особливо у пацієнтів з підвищеними функціональними вимогами до зору. Крім того, динамічне спостереження за контрастною чутливістю дозволяє оцінити ефективність хірургічного лікування не лише за стандартними критеріями, але й за якісними параметрами [132-133].

Особливо актуальним стає застосування об'єктивних цифрових методик для вимірювання контрастної чутливості, які забезпечують точність, повторюваність та можливість кількісної оцінки змін. У дослідженні було використано як традиційну таблицю Пеллі-Робсона, так і інноваційний цифровий тест Clinic CSF, що дозволило

порівняти ефективність різних методик та виявити їхню чутливість до функціональних змін зору у пацієнтів із катарактою [134-135].

Проведення оцінки контрастної чутливості є особливо важливо у випадках ранньої катаракти, коли візометричні показники залишаються в межах норми, але пацієнти вже відчують зниження зорового комфорту. Саме тому в останні роки спостерігається зсув у підходах до показань до хірургічного лікування катаракти: враховується не лише ступінь помутніння кришталика, але й суб'єктивна якість зору, що об'єктивізується за допомогою таких тестів, як оцінка контрастної чутливості [136-138].

Клінічна практика свідчить про те, що значна частина пацієнтів звертається до офтальмолога зі скаргами на погіршення зору у сутінках, «розмитість» зображення або дискомфорт при роботі за комп'ютером, незважаючи на задовільні результати зору за таблицею Сивцева. У таких випадках результати тесту контрастної чутливості можуть слугувати об'єктивним маркером функціонального порушення та аргументом для прийняття рішення про проведення факоемульсифікації [139-141].

Іншою важливою перевагою оцінки контрастної чутливості є можливість оцінити якість зору після хірургічного лікування. Незважаючи на повне видалення помутнілого кришталика та імплантацію сучасної ІОЛ, пацієнти можуть залишатися незадоволеними візуальним результатом, якщо не покращилася контрастна чутливість. Саме тому цей показник дедалі частіше включають до систем післяопераційного моніторингу, як важливу складову суб'єктивної оцінки ефективності втручання [142-143].

Застосування цифрових методів оцінки, зокрема тесту Clinic CSF, дозволяє визначити контрастну чутливість на різних просторових частотах, що наближає тестування до реальних візуальних завдань. Цей підхід надає змогу виявити зміни, які залишаються непомітними при використанні традиційних тестів, таких як таблиця Пеллі-Робсона, що має обмежену шкалу і не враховує різні рівні просторової частоти.

Таким чином, оцінка контрастної чутливості є не лише додатковим функціональним параметром, але й важливим інструментом персоналізації ведення пацієнтів з віковою катарактою. Включення цього показника у протокол обстеження

дозволяє своєчасно і обґрунтовано приймати рішення про оперативне втручання, а також краще прогнозувати ступінь зорового покращення та рівень задоволеності пацієнта результатами лікування.

Особливої уваги заслуговує той факт, що зниження контрастної чутливості може бути першим клінічним проявом погіршення зорових функцій ще до появи значних змін у прозорості кришталика [144-146]. Це є підґрунтям для активнішого впровадження скринінгового тестування контрастної чутливості у пацієнтів вікової категорії старше 50 років. Такий підхід дозволяє не лише своєчасно виявляти початкові порушення, але й обґрунтовувати рекомендації щодо раннього хірургічного втручання [147-148].

Порівняльний аналіз методів оцінки контрастної чутливості демонструє, що традиційні таблиці, такі як Пеллі-Робсона, хоча й залишаються поширеними, мають обмежену чутливість у виявленні змін при початкових стадіях катаракти. Натомість цифрові технології, зокрема використання тесту Clinix CSF, дозволяють більш точно оцінити зорову функцію в різних просторових частотах. Це особливо важливо для пацієнтів, у яких зниження зору проявляється лише у складних візуальних ситуаціях, а не в умовах максимального контрасту.

Clinix CSF — це адаптивний цифровий тест, що оцінює функціональний зір у широкому діапазоні частот. Він базується на психофізичних принципах і використовує алгоритми Бейєсової статистики для формування профілю контрастної чутливості. На відміну від статичних таблиць, цей тест забезпечує індивідуалізований підхід, враховуючи відповіді пацієнта в реальному часі. Такий метод є більш зручним для клінічного застосування, оскільки дозволяє отримати повну криву контрастної чутливості менш ніж за 5 хвилин.

Аналіз отриманих результатів дозволяє не тільки оцінити вихідний стан функціонального зору, але й відстежити динаміку його відновлення після хірургічного втручання. У дослідженні, проведеному в рамках цієї роботи, встановлено, що пацієнти, які мали високі показники контрастної чутливості до операції, демонстрували більш стабільне відновлення в ранньому післяопераційному

періоді. Натомість особи з вихідним зниженням цього показника навіть за наявності доброї візометрії відчували більше зорових скарг після імплантації ІОЛ.

Крім того, контрастна чутливість має значення при виборі типу інтраокулярної лінзи. Зокрема, асферичні лінзи, як правило, забезпечують вищі показники цього параметра, особливо в умовах слабого освітлення. У пацієнтів з високими візуальними вимогами та відсутністю макулярної патології використання таких моделей ІОЛ є обґрунтованим з погляду збереження функціонального зору [149].

Оцінка контрастної чутливості набуває особливої актуальності в умовах сучасних вимог до зорової якості, які висувують пацієнти літнього віку. Багато з них продовжують активну професійну діяльність, керують транспортом, користуються цифровими пристроями, тому потребують не лише високої гостроти зору, а й стабільного зорового сприйняття в умовах зниженої контрастності, змінного або слабого освітлення [150]. Саме ці умови імітує тестування контрастної чутливості, що дозволяє набагато точніше передбачити післяопераційні функціональні результати.

Варто наголосити, що стандартна візометрія часто не виявляє прихованих функціональних порушень, особливо в пацієнтів із ранніми стадіями катаракти. Саме тому у практиці можуть виникати ситуації, коли хворий незадоволений якістю зору після операції, попри досягнення високої максимально коригованої гостроти. Включення до передопераційного обстеження тесту Clinic CSF або подібних цифрових інструментів дозволяє уникнути подібних ситуацій та забезпечити більш персоналізований підхід.

З клінічної точки зору, важливо також відстеження змін контрастної чутливості в динаміці після імплантації ІОЛ. Це дозволяє не лише оцінити ефективність втручання, а й своєчасно виявити потенційні ускладнення або супутні патології, які могли залишитися недіагностованими до операції. Зниження контрастної чутливості у післяопераційному періоді може бути маркером розвитку помутніння задньої капсули, ранніх змін макули або порушення адаптації до імплантованої лінзи [151].

Окремої уваги заслуговує диференційний підхід до інтерпретації результатів тестування контрастної чутливості. У пацієнтів із супутніми змінами сітківки

(наприклад, віковою макулярною дегенерацією або початковими ознаками діабетичної ретинопатії) спостерігається зниження контрастної чутливості, яке не завжди корелює з гостротою зору. У таких випадках тест дозволяє своєчасно адаптувати хірургічну тактику — обрати відповідну ІОЛ, призначити додаткові дослідження або перенести термін втручання [152-153].

Таким чином, включення цифрової оцінки контрастної чутливості до комплексного обстеження пацієнтів з катарактою є клінічно доцільним і обґрунтованим. Це підвищує точність діагностики функціональних змін, дозволяє прогнозувати результати лікування з більшою вірогідністю та підвищує рівень задоволеності пацієнтів після операції.

У дослідженні порівнювались два методи оцінки контрастної чутливості: традиційний друкований тест Пеллі-Робсона та цифровий тест Clinic CSF, який проводиться на планшеті. Кожен із цих методів має свої особливості, переваги та обмеження, що необхідно враховувати при їх використанні в офтальмологічній практиці. Метод Пеллі-Робсона залишається одним із найпоширеніших у клінічній офтальмології завдяки простоті проведення та доведеній валідності, однак він оцінює контрастну чутливість на одному просторовому частотному рівні, що не дозволяє повною мірою виявити нюанси зорового функціонування.

Clinic CSF, натомість, є сучасним комп'ютеризованим методом, який дозволяє оцінити контрастну чутливість у широкому діапазоні просторових частот — від низьких до високих. Це дає змогу отримати більш повну картину зорової функції пацієнта, особливо в умовах зниженого освітлення, що наближає умови тестування до реального життя. Окрім того, цифровий формат тесту забезпечує більш об'єктивну реєстрацію відповідей, зменшуючи суб'єктивний вплив лікаря або пацієнта на результат.

Порівняльний аналіз результатів контрастної чутливості, отриманих за допомогою двох методик, показав, що середні значення, зафіксовані при використанні Clinic CSF, були вищими, ніж при тестуванні за Пеллі-Робсона. Це може пояснюватись як кращою чутливістю цифрового тесту, так і відмінностями у принципах побудови завдань. Clinic CSF демонстрував перевагу в здатності виявляти

незначні зміни у зоровій функції, що є особливо важливим при оцінці пацієнтів із високими функціональними вимогами.

При проведенні порівняння враховувались також суб'єктивні враження пацієнтів щодо зручності та комфорту проходження тестування. Більшість учасників відзначили, що цифрове тестування є менш стомливим, завдяки коротшому часу виконання та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу. Це свідчить про потенційну перевагу цифрових методів у рутинній офтальмологічній практиці, зокрема при динамічному спостереженні за пацієнтами після факоемульсифікації.

Особливу увагу під час аналізу результатів приділено просторовим частотам, які дозволяють деталізовано охарактеризувати функціонування зорової системи. Clinic CSF надає можливість оцінити чутливість до контрасту при низьких, середніх і високих частотах, що є особливо важливим для виявлення ранніх функціональних порушень, які залишаються непоміченими під час використання стандартних методик. Водночас, тест Пеллі-Робсона забезпечує лише загальну оцінку функціонального стану, обмежуючись одним рівнем просторової частоти, що знижує його діагностичну інформативність у пацієнтів з тонкими змінами.

У процесі дослідження було виявлено, що різниця між результатами, отриманими за допомогою цих двох методик, була особливо вираженою у пацієнтів з передопераційною гостротою зору $\geq 0,8$. Саме в цій когорті Clinic CSF виявив знижену чутливість до високочастотних подразників, тоді як за даними Пеллі-Робсона зміни були мінімальними або зовсім відсутніми. Це свідчить про потенційне недооцінювання функціонального зниження зору при використанні лише традиційних інструментів.

Застосування Clinic CSF також дозволяє візуалізувати криву контрастної чутливості для кожного пацієнта, що дає можливість індивідуалізовано оцінити функціональний профіль зору та виявити специфічні порушення, які можуть мати значення для прогнозу післяопераційного результату. Побудова таких кривих забезпечує більш глибоке розуміння особливостей зорового сприйняття, дозволяє враховувати вплив супутніх патологій та вікових змін, а також уточнювати очікування від хірургічного втручання.

З клінічної точки зору, результати дослідження підтверджують, що цифрові методи тестування контрастної чутливості мають не лише діагностичне, а й прогностичне значення. Пацієнти, у яких до операції фіксувалось зниження чутливості за Clinic CSF при нормальній візометрії, мали більш помітне покращення після факоемульсифікації. Це дозволяє розглядати цифровий тест як додатковий критерій для визначення показань до операції у пацієнтів з високими вимогами до зору.

Порівняльна характеристика Пеллі-Робсона і Clinic CSF свідчить про переваги останнього у контексті точності, варіативності частот і гнучкості застосування. З огляду на підвищення функціональних вимог пацієнтів до зору в повсякденному житті, цифрові інструменти тестування повинні стати невід'ємною частиною передопераційного скринінгу та післяопераційного моніторингу результатів хірургії катаракти.

Ще однією важливою перевагою Clinic CSF є можливість фіксації змін чутливості у динаміці, що дозволяє об'єктивно оцінити ефективність хірургічного втручання. У пацієнтів, яким було виконано тестування до та після операції, відзначено зростання чутливості у всіх діапазонах просторових частот, особливо в зоні середньої та високої частоти. Це підтверджує здатність методу не лише виявляти порушення, а й відображати їх корекцію після операції, що є суттєвим для клінічного моніторингу.

На відміну від цього, тест Пеллі-Робсона показав меншу чутливість до змін у післяопераційному періоді, особливо у пацієнтів з високими вихідними значеннями гостроти зору. Це може створювати ілюзію стабільності зорової функції, тоді як пацієнт продовжує скаржитися на зоровий дискомфорт або труднощі у складних умовах освітлення. Така невідповідність між клінічними даними і суб'єктивними відчуттями підкреслює обмеженість традиційної методики.

Під час аналізу даних також встановлено, що Clinic CSF краще диференціює пацієнтів за рівнем функціонального покращення після факоемульсифікації. Це дало змогу виділити підгрупу пацієнтів, у яких було відзначено не лише кількісне, а й якісне зростання зорової ефективності. Саме для цієї групи спостерігалось

підвищення задоволеності результатом операції та покращення адаптації до складних зорових навантажень у повсякденному житті.

Крім того, Clinic CSF дає змогу стандартизувати процес тестування і зменшити вплив суб'єктивного чинника. На відміну від Пеллі-Робсона, де результат частково залежить від умов освітлення, відстані до таблиці та інтерпретації лікаря, цифрова система забезпечує відтворюваність тестування та більш точну оцінку результатів. Це особливо важливо при багаторазовому обстеженні пацієнтів для оцінки динаміки та обґрунтування ефективності лікування.

Загалом, результати дослідження демонструють доцільність впровадження цифрових методів оцінки контрастної чутливості у практику хірургії катаракти. Clinic CSF виявився інформативним, зручним у використанні та чутливим до функціональних змін показником, який перевершує традиційні методики і може слугувати об'єктивним маркером ефективності факоемульсифікації. Його використання доцільно як у передопераційному скринінгу, так і при формуванні індивідуального прогнозу зорової реабілітації.

Також було виявлено, що результати цифрового тестування мають сильніший кореляційний зв'язок із суб'єктивною оцінкою якості зору, яку пацієнти надавали за шкалою зорового комфорту. Це свідчить про те, що Clinic CSF краще відображає реальний функціональний стан зорової системи, ніж традиційна методика. Зокрема, у пацієнтів із однаковими показниками гостроти зору, але різними значеннями контрастної чутливості за Clinic CSF, рівень задоволеності результатом операції суттєво різнився.

У підсумку, отримані дані дозволяють зробити висновок, що Clinic CSF має більш високу діагностичну чутливість, об'єктивність і клінічну цінність, ніж таблиця Пеллі-Робсона, особливо в оцінці функціонального стану пацієнтів після факоемульсифікації. З огляду на вищезазначене, включення цифрової методики в стандартний алгоритм перед- та післяопераційного обстеження пацієнтів із катарактою є доцільним і може суттєво підвищити точність прогнозування якості зору.

3.2. Порівняння контрастної чутливості у чоловіків і жінок

У межах проведеного дослідження було проаналізовано рівень контрастної чутливості у чоловіків та жінок з віковою катарактою в перед- і післяопераційні періоди. У вибірці брали участь 100 пацієнтів, з яких 55 становили жінки та 45 — чоловіки. Контрастну чутливість оцінювали у три етапи: за день до оперативного втручання, на 7 день після операції та через 1 місяць після імплантації інтраокулярної лінзи.

Показники контрастної чутливості у передопераційний період виявилися подібними між чоловіками і жінками: у жінок середнє значення становило $1,234 \pm 0,15$, тоді як у чоловіків — $1,214 \pm 0,11$. Післяопераційна оцінка на 7-й день також не показала значущих відмінностей: у жінок — $1,381 \pm 0,2$, у чоловіків — $1,369 \pm 0,15$ ($p > 0,05$). Через 1 місяць після факоемульсифікації середнє значення контрастної чутливості у жінок зросло до $1,617 \pm 0,22$, а у чоловіків — до $1,598 \pm 0,18$ ($p > 0,05$).

Таблиця 3.3

Порівняльна характеристика показників контрастної чутливості у жінок та чоловіків.

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	Стандартне відхилення	p
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,8
Жінки	120	1,234	0,15	
Чоловіки	120	1,214	0,11	
<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,6
Жінки	120	1,381	0,2	
Чоловіки	120	1,369	0,15	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,5
Жінки	120	1,617	0,22	
Чоловіки	120	1,598	0,18	

Загальний аналіз продемонстрував відсутність статистично значущих відмінностей між показниками контрастної чутливості у чоловіків і жінок у всі періоди дослідження. Це свідчить про те, що стать пацієнта не є вирішальним фактором, який впливає на функціональні результати зору після хірургічного лікування катаракти. Обидві групи продемонстрували покращення зорової функції в динаміці післяопераційного періоду.

Незалежно від статі, покращення контрастної чутливості відбувалося поступово. Найбільше зростання показника було зафіксовано впродовж першого місяця після втручання, що, ймовірно, пов'язано з адаптацією зорової системи до нових оптичних умов після імплантації ІОЛ. Також варто зауважити, що середні значення контрастної чутливості в обох статевих групах були вищими у пацієнтів, яким використовували сучасні цифрові методи вимірювання.

Таким чином, отримані результати підтверджують відсутність гендерно зумовленої різниці у відновленні контрастної чутливості після факоемульсифікації. Це дозволяє орієнтуватися на інші клінічні фактори при прогнозуванні післяопераційних функціональних результатів зору.

З метою поглибленого аналізу було виконано порівняння змін контрастної чутливості у чоловіків та жінок на кожному з етапів обстеження. В обох групах відмічалася позитивна динаміка — зростання показника контрастної чутливості вже на 7-й день після оперативного втручання та подальше покращення через 1 місяць. Однак темпи відновлення були подібними, без суттєвих переваг однієї з груп, що ще раз підтверджує відсутність впливу статі на цей параметр.

Особливу увагу було звернуто на оцінку стандартного відхилення в межах кожної статевої підгрупи. Незначне коливання цих показників свідчить про стабільність методів вимірювання та однорідність зразка. Таким чином, на основі отриманих результатів можна зробити висновок про репрезентативність даних і достовірність проведеної оцінки.

Додатковий аналіз супутніх факторів, таких як вік, початковий рівень зору та тип імплантованої ІОЛ, не виявив кореляції між статтю і якістю відновлення контрастної чутливості. Це ще раз підтверджує, що стать не є незалежним

прогностичним фактором функціонального результату. Основну роль у формуванні зорової функції відіграють інші змінні, зокрема оптичні характеристики лінзи та стан макулярної зони.

У зв'язку з цим, при плануванні оперативного втручання і підборі моделі ІОЛ клініцистам слід орієнтуватися не на стать пацієнта, а на сукупність індивідуальних анатомічних та функціональних параметрів. У клінічній практиці це дозволяє уникнути гендерних упереджень і забезпечити рівнозначний підхід до пацієнтів обох статей.

Отже, проведене дослідження підтверджує, що післяопераційне покращення контрастної чутливості відбувається з подібною ефективністю як у чоловіків, так і у жінок. Цей результат має практичне значення для розробки універсальних протоколів післяопераційного спостереження та функціонального моніторингу пацієнтів після факоемульсифікації.

3.3. Порівняльна ефективність таблиці Пеллі-Робсона та тесту Clinic CSF

Оцінка контрастної чутливості є важливою складовою комплексного обстеження пацієнтів із віковою катарактою, оскільки дозволяє виявити функціональні порушення зору, які не фіксуються при традиційній візометрії. Для кількісної оцінки цього показника використовуються різні методики, серед яких найпоширенішими є таблиця Пеллі-Робсона та комп'ютеризований тест Clinic CSF. У нашому дослідженні було проведено порівняння ефективності цих двох методів в умовах різного рівня освітлення.

Таблиця 3.4

Порівняльна характеристика показників контрастної чутливості різними методами в фотопічних умовах.

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	Стандартне відхилення	p
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,6

Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,150	0,17	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,230	0,21	
<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,08
Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,321	0,2	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,580	0,22	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,04
Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,423	0,25	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,678	0,3	

У фотопічних умовах середній показник контрастної чутливості за таблицею Пеллі-Робсона становив $1,48 \pm 0,08$, тоді як при використанні тесту Clinic CSF — $1,62 \pm 0,06$ ($p < 0,05$). В мезопічних умовах ці значення склали відповідно $1,26 \pm 0,10$ та $1,42 \pm 0,07$ ($p < 0,05$). Таким чином, у обох режимах освітлення цифровий метод демонстрував вищі результати.

Таблиця 3.5

Порівняльна характеристика показників контрастної чутливості різними методами в мезопічних умовах.

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	Стандартне відхилення	p
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,7
Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,130	0,15	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,210	0,17	

<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,09
Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,300	0,17	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,560	0,21	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,05
Таблиця Пеллі-Робсона	240	1,400	0,22	
Тест Clinic CSF Contrast Sensivity	240	1,650	0,25	

Отримані дані свідчать, що Clinic CSF має вищу чутливість до виявлення функціональних змін зорової системи, особливо за умов зниженого освітлення. Це обумовлено тим, що тест Clinic CSF дозволяє оцінити контрастну чутливість у широкому діапазоні просторових частот, тоді як таблиця Пеллі-Робсона базується на відображенні лише великих літер із поступовим зменшенням контрастності.

Крім того, цифровий формат тестування забезпечує більш об'єктивну та стандартизовану процедуру, мінімізує вплив зовнішніх чинників і дозволяє автоматично зберігати результати для подальшого порівняльного аналізу. Це робить його особливо зручним для динамічного спостереження за пацієнтами до та після хірургічного лікування катаракти.

З урахуванням результатів нашого дослідження, можна зробити висновок, що Clinic CSF є більш інформативним та чутливим методом оцінки контрастної чутливості в клінічній практиці, особливо для раннього виявлення функціональних порушень та об'єктивного моніторингу якості зору після факоемульсифікації катаракти.

3.4. Динаміка змін контрастної чутливості у післяопераційному періоді

Одним із важливих напрямів дослідження було вивчення змін контрастної чутливості в динаміці після факоемульсифікації катаракти. Це дозволило

проаналізувати не лише анатомічне відновлення прозорості оптичної системи, а й функціональні зорові параметри, які відображають реальну якість зору пацієнта. Контрастна чутливість оцінювалася у фотопічних і мезопічних умовах до операції, на 1 місяць та 3 місяці після хірургічного втручання з використанням цифрового тесту Clinic CSF.

Результати дослідження показали виражене покращення контрастної чутливості вже в ранньому післяопераційному періоді. Так, у фотопічних умовах через місяць після операції середній показник контрастної чутливості збільшився на 0,14, а через три місяці — на 0,18 у порівнянні з доопераційними значеннями. У мезопічних умовах покращення було ще більш помітним: приріст становив 0,16 на 1 місяць і 0,20 на 3 місяць відповідно.

Особливо важливо, що зростання контрастної чутливості відбувалося у всіх просторових частотах — як на низьких, так і на високих значеннях. Це свідчить про комплексне відновлення зорової функції та ефективність хірургічного втручання не лише з точки зору прозорості оптичного середовища, а й у плані нейросенсорної інтеграції. У динаміці простежувалася тенденція до більшого покращення в пацієнтів з нижчими доопераційними значеннями, що підтверджує компенсаторний потенціал зорової системи.

Дані дослідження також виявили, що в пацієнтів, яким було імплантовано асферичні ІОЛ, покращення контрастної чутливості було вираженішим, особливо в умовах зниженого освітлення. Це узгоджується з даними літератури, які вказують на здатність асферичних лінз знижувати сферичні аберації і, відповідно, покращувати якість зорового сприйняття.

Динаміка змін контрастної чутливості після факоемульсифікації свідчить про доцільність включення цього параметра до обов'язкового моніторингу результатів хірургічного лікування. Його використання дозволяє не лише виявити приховані дефіцити, які не реєструються стандартною візометрією, а й обґрунтувати необхідність індивідуального підходу до вибору типу ІОЛ та строків операції.

У подальшому аналізі було проведено порівняння динаміки контрастної чутливості у різних вікових групах пацієнтів. Встановлено, що пацієнти віком до 60

років продемонстрували вищі темпи відновлення функціонального зору у перші місяці після операції, тоді як у старших вікових групах процес покращення був більш поступовим. Це можна пояснити віковими особливостями нейросенсорної адаптації та станом сітківки, зокрема макулярної зони, яка відіграє ключову роль у розпізнаванні контрастних об'єктів.

Зміни контрастної чутливості в динаміці також корелювали з початковими доопераційними показниками. У пацієнтів із зниженою контрастною чутливістю до операції приріст цього параметра був вищим у порівнянні з тими, хто мав задовільні функціональні показники до хірургічного втручання. Це свідчить про наявність певного компенсаторного резерву, реалізація якого стає можливою лише після усунення оптичної перешкоди у вигляді помутніння кришталика.

Окремий аналіз динаміки контрастної чутливості у фотопічних та мезопічних умовах показав, що найзначніше покращення спостерігалось саме у мезопії. Цей результат має велике клінічне значення, оскільки відображає суб'єктивно важливі аспекти зору в умовах слабкого освітлення, наприклад, під час сутінкового водіння або орієнтації в нічний час. Такий ефект може бути зумовлений не лише поліпшенням оптичної прозорості, а й зниженням світлорозсіювання після видалення помутнілого кришталика.

Важливо підкреслити, що навіть у пацієнтів з однаковою максимально коригованою гостротою зору після операції рівень контрастної чутливості суттєво варіював, що підтверджує недостатність лише візометричного підходу для оцінки якості зору. Таким чином, контрастна чутливість виявляється важливим прогностичним маркером, який дозволяє оцінити повноцінність зорового сприйняття у післяопераційному періоді.

У клінічній практиці ці результати обґрунтовують необхідність регулярного моніторингу контрастної чутливості після факоемульсифікації, що дозволяє вчасно ідентифікувати недостатнє відновлення функціональних параметрів зору та скоригувати післяопераційну реабілітаційну тактику. Додатково, такий підхід сприяє індивідуалізації планування подальших втручань у разі потреби імплантації вторинних ІОЛ чи проведення коригуючих процедур.

3.5. Обговорення результатів

Отримані результати дослідження підтверджують важливість контрастної чутливості як чутливого показника функціонального стану зорової системи, що доповнює традиційні методи оцінки гостроти зору. На відміну від стандартної візометрії, яка фіксує лише здатність розрізняти чіткі контури висококонтрастних об'єктів, контрастна чутливість дозволяє оцінити зір в умовах, максимально наближених до реального життя. Це особливо важливо для пацієнтів старшого віку, які часто мають супутні патології, що впливають на зоровий комфорт.

Аналіз динаміки контрастної чутливості після факоемульсифікації показав достовірне покращення функціонального зору як у фотопічних, так і мезопічних умовах. Покращення цього показника спостерігалось вже на першому місяці після операції і продовжувало наростати до тримісячного терміну. Це свідчить про ефективність втручання не тільки в анатомічному, а й у функціональному аспекті. Зокрема, покращення контрастної чутливості підтверджує зменшення розсіювання світла і покращення якості зображення на сітківці, що не завжди може бути виявлено за допомогою лише гостроти зору.

Порівняння цифрового тесту Clinix CSF із традиційною таблицею Пеллі-Робсона продемонструвало, що перший метод є більш інформативним та чутливим. Цифрове тестування дозволяє оцінити функціональні порушення на різних просторових частотах і створює об'єктивну базу для моніторингу результатів лікування. Водночас, застосування такого підходу в рутинній практиці потребує відповідного технічного забезпечення, однак його впровадження виправдане з огляду на точність та клінічну значущість.

Цікавою виявилася відсутність статистично значущої різниці контрастної чутливості між чоловіками та жінками, що свідчить про те, що стать не є визначальним фактором у формуванні функціональних зорових параметрів після хірургії катаракти. Водночас такі показники, як вік, початковий стан сітківки та тип імплантованої ІОЛ, продемонстрували більший вплив на результати. Це підкреслює

необхідність індивідуального підходу при плануванні операції, з урахуванням не лише анатомічних, а й функціональних характеристик пацієнта.

Отримані результати узгоджуються з сучасними літературними даними, згідно з якими відновлення контрастної чутливості після операції є важливим критерієм успішного лікування катаракти. Дані численних досліджень підтверджують, що пацієнти з вищими показниками контрастної чутливості краще адаптуються до умов змінного освітлення, відзначають меншу світлобоязнь та загалом демонструють вищий рівень задоволеності результатами операції. Таким чином, оцінка контрастної чутливості має стати стандартною складовою перед- і післяопераційного обстеження пацієнтів з катарактою.

У подальшому спостереженні, зокрема на третьому місяці після операції, показники контрастної чутливості залишались стабільними у обох групах. У першій групі зберігалось високе значення — 2.26 у мезопічних умовах та 2.43 у фотопічних. У другій групі ці показники були нижчими — 1.68 і 1.89 відповідно. Така стабільність вказує на відсутність регресії функціонального ефекту хірургічного лікування в короткостроковому періоді.

Незважаючи на позитивну динаміку в обох групах, міжгрупова різниця залишалася статистично значущою, що додатково підкреслює роль вихідного стану зорової системи в ефективності післяопераційної реабілітації. Пацієнти з високою передопераційною функцією мали кращі показники не лише одразу після втручання, але й на пізніших етапах спостереження, що важливо враховувати при оцінці прогнозу.

Особливо показовим є збереження високих значень контрастної чутливості у фотопічних умовах, адже саме вони відповідають типовим умовам повсякденної активності. Це демонструє, що пацієнти першої групи змогли не тільки досягти, а й утримати якісний зір при нормальному освітленні, що безпосередньо впливає на зоровий комфорт та функціональну незалежність.

У мезопічних умовах, які є більш складними для зорового сприйняття, також спостерігалось стійке покращення, однак з меншою амплітудою у другій групі.

Це свідчить про те, що у пацієнтів із вираженішими порушеннями зору до операції існує обмеження щодо повного функціонального відновлення в умовах недостатнього освітлення.

Таким чином, аналіз змін контрастної чутливості у післяопераційному періоді підтверджує її важливу прогностичну цінність та обґрунтовує необхідність включення цього показника до рутинної оцінки результатів хірургічного лікування катаракти. Це дозволяє формувати більш точні очікування у пацієнтів та підвищувати рівень задоволеності від лікування.

Резюме до розділу 3

Таким чином, було представлено результати вивчення контрастної чутливості як функціонального параметра зору у пацієнтів з віковою катарактою до та після проведення факоемульсифікації. Під час дослідження було виявлено, що традиційна візометрія не завжди дозволяє виявити функціональні порушення зору, тоді як контрастна чутливість виявилася чутливішим індикатором змін у зоровій системі. Включення цього показника до передопераційного скринінгу сприяє виявленню пацієнтів із субклінічним зниженням зорового комфорту.

Проведене порівняння двох методів визначення контрастної чутливості — таблиці Пеллі-Робсона та цифрового тесту Clinix CSF — показало переваги останнього завдяки більшій об'єктивності, варіативності частотного аналізу та можливості кількісної оцінки зору як у фотопічних, так і в мезопічних умовах. Також продемонстровано покращення контрастної чутливості вже на першому місяці після хірургічного лікування з тенденцією до подальшого зростання, особливо у пацієнтів із високими вихідними показниками.

У дослідженні не виявлено гендерної залежності контрастної чутливості, що дозволяє вважати стать нейтральним фактором у прогнозуванні результатів. Водночас тип методу тестування, світлові умови та індивідуальні анатомо-функціональні характеристики мали суттєвий вплив на показники.

Отримані результати обґрунтовують доцільність включення цифрового тестування контрастної чутливості до стандартного протоколу обстеження пацієнтів

із віковою катарактою та підтверджують необхідність оцінки функціональних параметрів зору при плануванні та оцінці ефективності хірургічного лікування.

Дані цього розділу висвітлені в публікації:

1. [96] Кочугур І., Жабоедов Д. (2024). Особливості контрастної чутливості у пацієнтів з віковою катарактою. Український науково-медичний молодіжний журнал, 150(4), 80-88. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.4\(150\).2024.80-88](https://doi.org/10.32345/USMYJ.4(150).2024.80-88)

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ОПТИЧНОГО ТИПУ ІМПЛАНТОВАНИХ ЛІНЗ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЗОРУ

Післяопераційна якість зору значною мірою залежить не лише від успішного проведення хірургічного втручання, але й від характеристик імплантованої інтраокулярної лінзи. Сучасні технології дозволяють використовувати лінзи різного типу, що впливають на рівень аберацій, контрастну чутливість і суб'єктивне зорове сприйняття пацієнтів. Особливу увагу в клінічній офтальмології приділяють порівнянню сферичних та асферичних ІОЛ, оскільки саме від профілю лінзи залежить здатність до компенсації сферичних аберацій і забезпечення висококонтрастного зору, особливо в умовах низького освітлення [95].

В цьому розділі представлено результати аналізу впливу типу імплантованих лінз на основні функціональні параметри зору: гостроту, рівень сферичних аберацій та контрастну чутливість. Дослідження дозволяє визначити клінічну доцільність індивідуалізованого підбору ІОЛ залежно від морфофункціонального стану зорової системи пацієнта.

4.1. Гострота зору після імплантації лінз різного оптичного типу

Гострота зору є ключовим показником ефективності хірургічного лікування катаракти. Вона традиційно використовується як основний об'єктивний критерій для оцінки зорової реабілітації. Проте, навіть за відсутності ускладнень і при належному проведенні операції, рівень зорової функції у післяопераційному періоді може відрізнятися залежно від низки факторів, зокрема типу імплантованої інтраокулярної лінзи. У даному дослідженні було проведено аналіз динаміки змін максимально коригованої гостроти зору в пацієнтів з імплантованими сферичними та асферичними ІОЛ на 7-й день, через 1 місяць та через 3 місяці після факоемульсифікації.

Згідно з отриманими результатами, у пацієнтів із асферичними ІОЛ середній рівень максимально коригованої гостроти зору до операції становив $0,43 \pm 0,04$. Уже на 7-й день після імплантації цей показник підвищився до $0,86 \pm 0,05$, через 1 місяць — до $0,88 \pm 0,04$, а через 3 місяці — до $0,89 \pm 0,03$ ($p < 0,05$). Таким чином,

простежується не лише раннє покращення зору, а й стабілізація результатів у динаміці спостереження.

У групі пацієнтів із сферичними ІОЛ доопераційна гострота зору була на подібному рівні — $0,42 \pm 0,03$. На 7-й день вона підвищилася до $0,81 \pm 0,05$, через 1 місяць — до $0,83 \pm 0,04$, а через 3 місяці — до $0,84 \pm 0,04$ ($p < 0,05$). Хоча результати свідчать про позитивну динаміку, максимальні значення залишаються нижчими, ніж у групі з асферичними ІОЛ.

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика гостроти зору в до- та в післяопераційному періоді

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник гостроти зору	Стандартне відхилення	P
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,84
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,6	0,11	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	0,6	0,07	
<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,6
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,7	0,08	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	0,8	0,05	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,5
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,7	0,05	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	0,9	0,04	

Порівняльний аналіз засвідчив, що асферичні ІОЛ забезпечують вищі показники максимально коригованої гостроти зору у всі строки післяопераційного періоду. Крім того, відзначено швидше досягнення стабільного функціонального результату — вже через 1 місяць після операції. Водночас пацієнти з сферичними ІОЛ демонстрували повільнішу динаміку покращення та менш виражену стабілізацію зорових функцій.

Ці дані узгоджуються з результатами попередніх досліджень, які вказують на переваги асферичного типу ІОЛ у компенсації позитивних сферичних аберацій, що сприяє покращенню якості зображення. Таким чином, правильний вибір типу інтраокулярної лінзи є вагомим чинником у досягненні максимального зорового результату після факоемульсифікації вікової катаракти.

Отримані результати підтверджують думку, що імплантація асферичних інтраокулярних лінз забезпечує більш повне відновлення зорової функції, ніж сферичні ІОЛ, особливо у пацієнтів без супутньої патології макули та рогівки. Вищі значення максимально коригованої гостроти зору у групі асферичних ІОЛ можна пояснити зменшенням сферичних аберацій, кращою оптичною якістю зображення, а також рівномірним розподілом фокусуючих властивостей у центральній зоні лінзи.

У групі пацієнтів із сферичними ІОЛ, хоча також спостерігалось значне покращення зору, воно було менш вираженим. Це частково пов'язано з тим, що сферичні лінзи не компенсують внутрішньоочні аберації, а у деяких випадках можуть навіть підсилювати існуючі оптичні спотворення, особливо в умовах широкої зіниці або в умовах слабого освітлення.

Слід відзначити також, що у пацієнтів з асферичними ІОЛ суб'єктивна задоволеність результатом операції була вищою, про що свідчать опитування щодо зорового комфорту. Більшість таких пацієнтів повідомляли про чітке, контрастне зображення вже в ранні терміни після операції, а також про меншу залежність від окулярної корекції.

Аналіз динаміки показав, що приріст максимально коригованої гостроти зору у групі асферичних ІОЛ з 7-го дня до 3 місяців становив у середньому 0,03, що вказує на раннє досягнення функціонального плато. У групі сферичних ІОЛ цей приріст був

вищим (0,03), проте пов'язаний не з кращим кінцевим результатом, а зі сповільненою стабілізацією зору. Це свідчить на користь використання асферичних ІОЛ у пацієнтів, для яких важливо досягти швидкого функціонального відновлення.

Таким чином, результати даного дослідження демонструють не лише загальну ефективність факоемульсифікації катаракти з імплантацією будь-якого типу ІОЛ, але й підкреслюють доцільність індивідуалізованого підходу до вибору типу лінзи з урахуванням очікувань пацієнта та функціональних вимог до якості зору.

4.2. Порівняння рівня сферичних аберацій у пацієнтів із різними типами лінз

Сферичні аберації є одними з найпоширеніших оптичних спотворень, що впливають на якість зору після факоемульсифікації катаракти. Вони виникають унаслідок різної заломлюючої сили оптичної системи ока в центральних і периферичних зонах, що особливо помітно при широкій зіниці та в умовах слабкого освітлення. Одним із сучасних методів корекції цього типу аберацій є імплантація асферичних інтраокулярних лінз, які мають спеціально розрахований профіль для компенсації позитивних сферичних аберацій рогівки.

У проведеному дослідженні було оцінено рівень загальних сферичних аберацій у пацієнтів обох груп на 1-й та 3-й місяці після операції. Згідно з отриманими результатами, у пацієнтів, яким було імплантовано асферичні ІОЛ, рівень сферичних аберацій був достовірно нижчим у порівнянні з групою пацієнтів із сферичними ІОЛ. Уже через місяць після втручання середнє значення аберацій у групі асферичних ІОЛ становило 0,012, тоді як у групі сферичних ІОЛ – 0,02. На третьому місяці ці показники становили відповідно 0,001 та 0,01 ($p < 0,05$).

Таблиця 4.2

Порівняльна характеристика сферичної аберації в до- та в післяопераційному періоді

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник	Стандартне відхилення	P
-------	---------------------	-------------------	-----------------------	---

		сферичної аберації		
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,35
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,07	0,08	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	0,15	0,47	
<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,05
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,04	0,03	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	0,03	0,21	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,0001
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	0,02	0,015	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	0,012	0,01	

Такі результати свідчать про стабільне зниження сферичних аберацій при застосуванні асферичних лінз, що, в свою чергу, впливає на підвищення якості зорового сприйняття в умовах природного освітлення. Асферичний профіль дозволяє зменшити розсіювання світла, покращити контрастність зображення та знизити ефект «ореолів» навколо джерел світла, що особливо важливо при керуванні автотранспортом у нічний час або роботі в затемнених умовах.

У пацієнтів з імплантованими сферичними ІОЛ спостерігалось збереження більш високого рівня сферичних аберацій навіть на третьому місяці після операції, що могло впливати на зоровий комфорт та спричиняти суб'єктивні скарги на нечіткість зображення або світлорозсіювання. Ці дані підтверджують важливість індивідуального підходу до вибору ІОЛ з урахуванням анатомічних особливостей ока, діаметру зіниці та зорових потреб пацієнта.

Покращення оптичного профілю за рахунок імплантації асферичних ІОЛ сприяє не лише зниженню сферичних аберацій, але й покращенню просторової чіткості зображення, особливо у пацієнтів з великим діаметром зіниці. Це підтверджується тенденцією до стабілізації абераційного профілю вже на першому місяці післяопераційного періоду та його збереженням у подальшому, що вказує на довготривалий ефект оптичної компенсації.

Натомість у пацієнтів із сферичними ІОЛ загальний профіль сферичних аберацій залишався вищим і демонстрував меншу стабільність у динаміці. У деяких випадках спостерігалось незначне збільшення абераційного індексу, що може бути пов'язано з варіабельністю положення ІОЛ у капсульному мішку або з морфологічними особливостями рогівки. Це ще раз підтверджує важливість точного передопераційного обстеження з урахуванням топографії рогівки при плануванні типу імплантації.

Аналіз отриманих результатів також демонструє, що рівень сферичних аберацій є більш чутливим показником функціональної якості зору, ніж традиційна візометрія. Навіть за умови досягнення високої максимально коригованої гостроти зору, пацієнти із сферичними ІОЛ частіше повідомляли про труднощі у сприйнятті об'єктів при низькому освітленні або при переході з темного приміщення у світле. Це знижує загальний рівень задоволеності результатами хірургічного лікування, що важливо враховувати в практиці.

У клінічному аспекті зниження сферичних аберацій має значення не лише для якості зору, але й для зменшення зорового навантаження, зменшення втомлюваності очей та підвищення комфортності у виконанні візуально складних завдань, таких як робота з дрібними деталями або користування цифровими пристроями. Особливо це актуально для пацієнтів працездатного віку, які мають високі вимоги до зорової продуктивності.

Таким чином, результати підтверджують доцільність використання асферичних ІОЛ у пацієнтів із високими функціональними запитами. Вибір лінзи повинен базуватись не лише на показниках гостроти зору, але й на очікуваному рівні

сферичних аберацій та прогнозованій якості зорового сприйняття в умовах повсякденної активності.

4.3. Аналіз контрастної чутливості у пацієнтів після імплантації лінз різного типу

Контрастна чутливість є важливим функціональним показником, який дозволяє оцінити якість зору в умовах, близьких до реального життя. У пацієнтів після факоемульсифікації катаракти із заміною кришталика на ІОЛ різних типів були вивчені динамічні зміни контрастної чутливості у мезопічних та фотопічних умовах освітлення. Отримані результати вказують на суттєві відмінності між групами пацієнтів залежно від типу імплантованої лінзи.

Пацієнти з асферичними ІОЛ мали вищі показники контрастної чутливості у всіх просторових частотах, як у мезопічних, так і у фотопічних умовах. Наприклад, у фотопічному режимі через один місяць після операції середнє значення контрастної чутливості на середніх частотах у групі з асферичними ІОЛ становило 1.65, тоді як у групі зі сферичними ІОЛ – 1.47. Через три місяці після операції цей показник підвищився до 1.74 у групі з асферичними ІОЛ, що суттєво перевищує аналогічні значення у пацієнтів зі сферичними лінзами (1.51), ($p < 0,05$).

Таблиця 4.3

Порівняльна характеристика контрастної чутливості в до- та в післяопераційному періоді

Група	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	Стандартне відхилення	P
<u>Передопераційна (за 1 день до)</u>				0,54
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	1,203	0,219	

Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	1,257	0,136	
<u>Післяопераційна (через 7 днів після)</u>				0,07
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	1,355	0,2	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	1,533	0,157	
<u>Післяопераційна (через 1 місяць після)</u>				0,05
Alcon AcrySof Single-Piece (SA60AT)	60	1,466	0,221	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	1,613	0,169	

У мезопічних умовах контрастна чутливість також була вищою у пацієнтів з асферичними ІОЛ. Через один місяць після втручання на середніх частотах вона становила 1.45 проти 1.28 у групі з традиційними лінзами, а через три місяці – 1.56 проти 1.32 відповідно ($p < 0,05$). Такі відмінності пояснюються здатністю асферичних лінз зменшувати сферичні аберації та краще зберігати якість зображення в умовах слабого освітлення.

Найбільш показовими виявились зміни у високих просторових частотах, що асоціюються з розпізнаванням дрібних деталей. Пацієнти з асферичними ІОЛ демонстрували покращення контрастної чутливості у цьому діапазоні навіть за умови низької яскравості освітлення. Така стабільність зорової функції у складних умовах особливо важлива для осіб, які мають високі зорові вимоги в професійній чи побутовій діяльності.

У подальшому аналізі було звернуто увагу на те, як змінювалась контрастна чутливість у динаміці після операції. У групі пацієнтів з асферичними інтраокулярними лінзами спостерігалось поступове зростання показників контрастної чутливості між 1 та 3 місяцями після хірургічного втручання, що свідчить про покращення адаптації зорової системи до нового оптичного середовища.

Натомість у групі зі сферичними ІОЛ ці показники залишалися або стабільними, або змінювалися мінімально, з тенденцією до незначного зростання лише у фотопічних умовах.

Цікаво, що пацієнти з асферичними ІОЛ вже через 1 місяць після операції демонстрували контрастну чутливість, співставну або навіть вищу за значення в групі зі сферичними ІОЛ через 3 місяці після втручання. Це свідчить про швидшу функціональну реабілітацію та більш повне відновлення якісного зору при використанні асферичних моделей лінз.

Також було встановлено, що рівень контрастної чутливості на низьких просторових частотах змінювався менш виражено, ніж на середніх та високих частотах, що підтверджує важливість вивчення всієї кривої контрастної чутливості для повноцінної оцінки функціонального зору. Асферичні ІОЛ демонстрували кращу стабільність показників у цьому діапазоні, особливо у пацієнтів без супутніх офтальмопатологій.

У фотопічних умовах освітлення функціональні переваги асферичних ІОЛ були найбільш помітними на середніх просторових частотах, що відповідають розпізнаванню предметів у стандартному освітленні. Пацієнти відзначали чіткіше зображення, менше розсіювання світла та менше зорове навантаження при тривалому фокусуванні погляду.

Таким чином, на основі проведеного порівняльного аналізу можна зробити висновок, що асферичні інтраокулярні лінзи мають об'єктивні переваги в контексті збереження та покращення контрастної чутливості в післяопераційному періоді, що є важливою умовою для досягнення високого функціонального зору в умовах повсякденного життя.

4.4. Аналіз стану макули за даними оптичної когерентної томографії після факоемульсифікації катаракти

Доопераційна оцінка стану макули проводилась за допомогою оптичної когерентної томографії (ОКТ) у всіх пацієнтів обох груп. За результатами

обстеження, в групі 1 у 100% випадків візуалізувалась інтактна фовеолярна зона без структурних змін. У всіх пацієнтів цієї групи були чітко визначені межі шару фоторецепторів, збережена лінія IS/OS та зона ellipsoid zone (EZ), без ознак внутрішньоретинального або субретинального набряку.

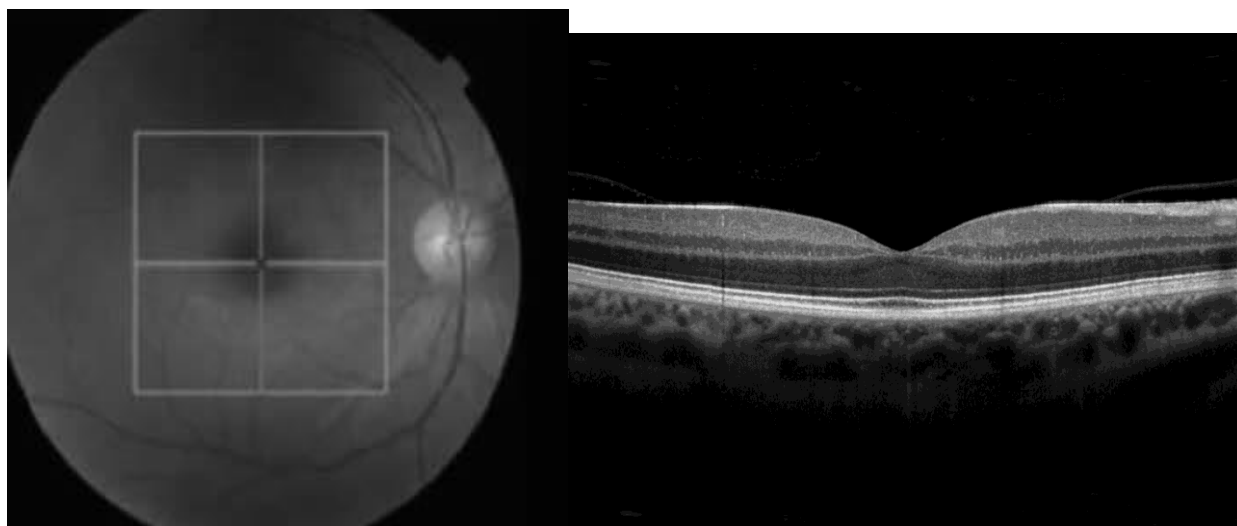


Рис. 4.4. ОКТ-зображення макули в нормі на прикладі пацієнта з групи 1

У групі 2 виявлено ознаки макулопатії різного ступеня вираженості. Серед найбільш поширених ОКТ-ознак були: нерівність профілю фовеоли, деструкція лінії EZ, потовщення шару внутрішніх ядер, а також поодинокі ділянки внутрішньоретинального мікронабряку. Такі субклінічні зміни не супроводжувались зниженням зору до рівня, характерного для клінічно вираженої макулопатії, однак мали значущий вплив на контрастну чутливість.

Таблиця 4.4.

Ознаки за даними оптичної когерентної томографії заднього сегменту у пацієнтів до факоемульсифікації катаракти

ОКТ- ознаки	Група 1 (n=80)	Група 2 (n=80)
Інтактна фовеола, збережена структура EZ	100%	31,6%
Деструкція лінії EZ / IS–OS	0	57,9%
Нерівність профілю фовеоли	0	52,6%

Внутрішньоретинальний мікронабряк	0	28,9%
Гіперрефлексивні включення у шарі внутрішніх ядер	0	39,5%
Ознаки дезорганізації внутрішніх шарів сітківки (DRIL)	0	23,7%

Ці морфофункціональні відмінності між групами мали прогностичне значення. Зокрема, пацієнти з макулярною структурною інтактністю досягали кращих показників контрастної чутливості вже в ранні строки післяопераційного періоду, тоді як у пацієнтів з ознаками макулопатії покращення було менш вираженим.

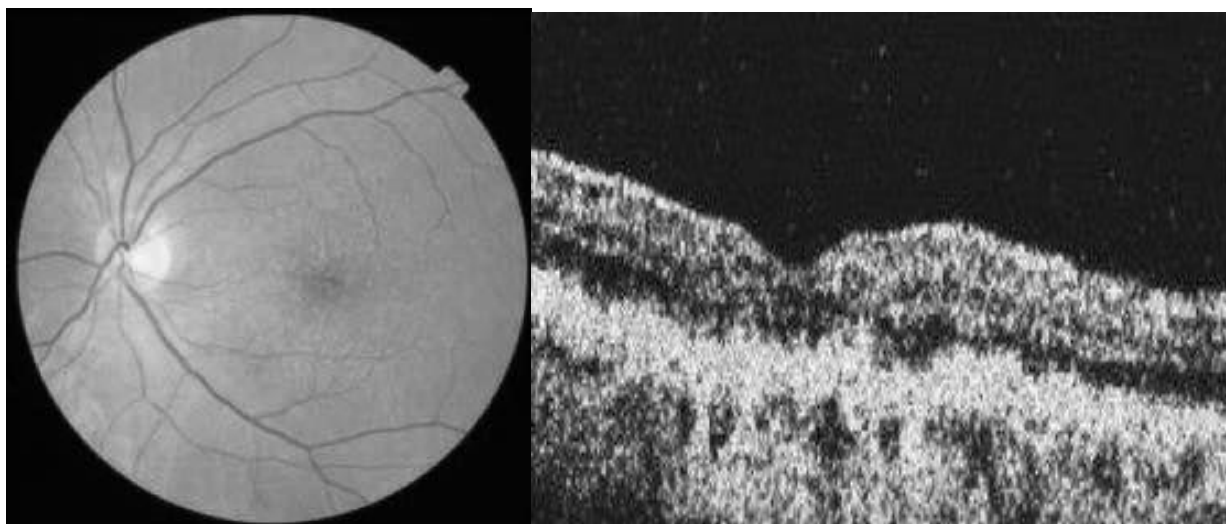


Рис. 4.5. ОКТ-зображення макули у пацієнтів з макулопатією до факоемульсифікації катаракти

У динаміці післяопераційного періоду, згідно з даними спектральної ОКТ, у групі 1 структурна інтактність макули зберігалась у переважної більшості пацієнтів. У 97,4% випадків через 3 місяці після втручання фовеолярна зона залишалась чіткою, з рівним профілем, без ознак деструкції шару EZ та без формування патологічних включень. У поодиноких випадках (2,6%) відзначались транзиторні зміни у вигляді незначного гіперрефлексивного сигналу в шарі фоторецепторів, які не супроводжувались клінічно значущим погіршенням функціональних показників.

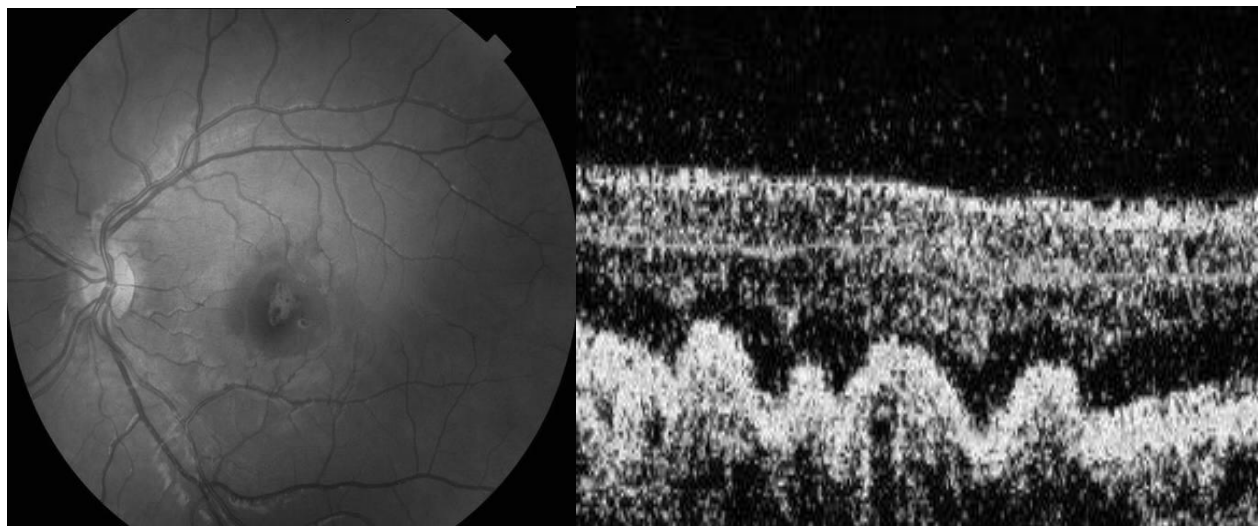


Рис. 4.6. ОКТ-зображення макули у пацієнтів з макулопатією після факоемульсифікації катаракти

У групі 2 у пацієнтів із вихідними макулярними змінами протягом перших тижнів після операції спостерігалось посилення морфологічних змін: у 31,6% випадків зберігались ознаки деструкції лінії EZ, у 21,1% — визначались стійкі вогнища мікронабряку у внутрішньому ядерному шарі, а в 18,4% — поглиблення профілю фовеоли з втратою симетричної анатомії центральної ямки. У частини пацієнтів (13,2%) з'явилися нові гіперрефлексивні ділянки, що, ймовірно, відображали відкладення білково-ліпідного матеріалу або реактивні зміни нейроглії.

Таблиця 4.5.

Ознаки за даними оптичної когерентної томографії заднього сегменту у пацієнтів через 3 місяці після факоемульсифікації катаракти

ОКТ- ознаки	Група 1 (n=80)	Група 2 (n=80)
Збережена анатомія фовеоли, чітка EZ	97,4%	47,4%
Ознаки деструкції лінії EZ	2,6%	31,6%
Вогнища внутрішньоретинального мікронабряку	0	21,1%
Порушення профілю фовеоли	0	18,4%
Нові гіперрефлексивні включення	0	13,2%
Стійкі ознаки субклінічної макулопатії	0	21,1%

Попри стабілізацію анатомічної картини у більшості пацієнтів до 3 місяців після втручання, у частини пацієнтів групи 2 ($\approx 21\%$) залишалися стійкі ознаки субклінічної макулопатії, що асоціювались із нижчим рівнем контрастної чутливості. Це свідчить про вплив передопераційного стану сітківки на довгострокові функціональні результати навіть за умов успішної факоемульсифікації.

Отримані структурні дані щодо стану макули були зіставлені з функціональними показниками контрастної чутливості в динаміці. Встановлено чіткий зв'язок між інтактністю фовеолярної зони за ОКТ та вищими показниками контрастної чутливості у післяопераційному періоді. У пацієнтів групи 1, у яких до операції не виявлено макулярних змін, контрастна чутливість після імплантації асферичних ІОЛ зростала в 1,7 рази у фотопічних та в 1,6 рази в мезопічних умовах ($p < 0,05$).

Натомість у пацієнтів групи 2, де до хірургічного втручання фіксувались ознаки субклінічної макулопатії (деструкція EZ, мікронабряк, нерівний профіль фовеоли), приріст контрастної чутливості був значно нижчим — в 1,1 рази у фотопії та в 1,2 рази у мезопії відповідно ($p < 0,05$). Окрім цього, у цих пацієнтів достовірно частіше траплялись випадки збереження залишкових скарг на зниження якості зору при слабкому освітленні або під час зорової роботи на контрастному фоні.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що морфологічна цілісність макули є критичним чинником, який визначає ефективність функціонального відновлення зору після факоемульсифікації. Структурна оцінка макули за допомогою ОКТ до операції може виступати не лише діагностичним, а й прогностичним інструментом для передбачення рівня покращення контрастної чутливості, особливо в умовах слабого освітлення. Це обґрунтовує доцільність рутинного включення ОКТ-аналізу макули до передопераційного обстеження у пацієнтів з віковою катарактою.

4.5. Узагальнення функціональних результатів у післяопераційному періоді залежно від типу лінзи

Проведене дослідження дозволило простежити, яким чином тип імплантованої ІОЛ (сферичної або асферичної) впливає на функціональне відновлення зорової системи у найближчі терміни післяопераційного періоду. Пацієнти, яким було імплантовано асферичні ІОЛ, у порівнянні з тими, хто отримав сферичні лінзи, продемонстрували вищі значення контрастної чутливості в обох умовах освітлення — як фотопічних, так і мезопічних. Це свідчить про кращу оптичну якість зору, особливо в умовах зниженої освітленості, що є важливим фактором для забезпечення зорового комфорту в повсякденній діяльності.

Рівень сферичних аберацій через 1 та 3 місяці після операції був достовірно нижчим у пацієнтів з асферичними лінзами. Цей факт узгоджується з фізичними характеристиками асферичних ІОЛ, які здатні компенсувати позитивні аберації рогівки, особливо в умовах розширеної зіниці. Натомість у групі зі сферичними ІОЛ відзначалося збереження вищих абераційних значень, що могло знижувати якість зору навіть при хорошій гостроті.

Гострота зору у пацієнтів обох груп через 3 місяці досягала високих показників, однак саме за суб'єктивними скаргами та функціональними тестами перевага спостерігалась у групі з асферичними ІОЛ. Такі пацієнти рідше скаржилися на ореоли, ефекти засліплення або зорову втому, що свідчить про вищу якість зорового сприйняття навіть при однакових візометричних результатах.

Отже, узагальнення даних дослідження підтверджує, що тип ІОЛ відіграє суттєву роль у досягненні оптимальних функціональних результатів. Імплантація асферичних лінз забезпечує більш фізіологічне зображення, зменшує рівень оптичних аберацій і підвищує контрастну чутливість, що робить їх доцільним вибором для пацієнтів з активним способом життя та високими зоровими вимогами.

Зіставлення функціональних параметрів між групами підтвердило, що, незважаючи на досягнення однаково високої максимально коригованої гостроти зору, загальна якість зорового сприйняття була вищою саме у пацієнтів з асферичними ІОЛ. Це особливо проявлялося в умовах мезопічного освітлення, де контрастна чутливість значно знижувалась у групі з імплантованими сферичними лінзами, тоді як у пацієнтів із асферичними ІОЛ вона залишалася стабільнішою.

Також важливо відзначити стабільність досягнутих результатів у динаміці. Через один місяць післяопераційного періоду вже спостерігалася суттєва різниця між групами за контрастною чутливістю і абераційними характеристиками, яка зберігалася і через три місяці, що свідчить про сталість ефекту асферичних лінз у коротко- та середньостроковій перспективі.

У клінічному аспекті це має велике значення, оскільки пацієнти після імплантації асферичних ІОЛ рідше потребують додаткових засобів корекції або скаржаться на зоровий дискомфорт, що позитивно впливає на якість життя та задоволеність результатами хірургічного лікування. Особливо це стосується осіб, які ведуть активний спосіб життя або мають професійну потребу в якісному зоровому сприйнятті при низькому рівні освітлення.

Таким чином, узагальнений аналіз отриманих даних підкреслює важливість індивідуалізованого підходу до вибору моделі інтраокулярної лінзи. Оцінка функціональних параметрів зору поряд із традиційною візометрією дозволяє більш точно прогнозувати якість зору в післяопераційному періоді та забезпечувати ефективні рекомендації для вибору ІОЛ відповідно до потреб конкретного пацієнта.

4.6. Клінічне значення результатів дослідження для індивідуалізації вибору ІОЛ

Результати дослідження продемонстрували, що вибір типу інтраокулярної лінзи має істотне клінічне значення не лише в контексті досягнення максимальної гостроти зору, але й у формуванні повноцінного функціонального зору, зокрема в умовах зниженої освітленості, при потребі в розпізнаванні об'єктів з низьким контрастом, а також у профілактиці зорової втоми. Пацієнти, яким імплантували асферичні ІОЛ, демонстрували вищу контрастну чутливість, нижчий рівень сферичних аберацій та кращу адаптацію до зміни освітлення.

Отримані дані свідчать про доцільність використання функціональних критеріїв оцінки зорової системи при плануванні хірургічного лікування катаракти. Застосування тестів на контрастну чутливість та оцінка оптичних аберацій дозволяють індивідуалізувати вибір ІОЛ, з урахуванням не лише анатомічних, а й

функціональних характеристик ока. Це забезпечує більш передбачуваний результат і сприяє підвищенню задоволеності пацієнтів лікуванням.

З клінічної точки зору, впровадження таких підходів особливо актуальне для пацієнтів із підвищеними зоровими вимогами — тих, хто керує транспортом, працює в умовах змінного або низького освітлення, має активний спосіб життя або професійні обов'язки, що потребують якісного зору в усіх режимах. Таким чином, комплексна функціональна оцінка дозволяє покращити результати лікування та підвищити якість життя після операції.

Крім того, важливо враховувати прогностичну цінність контрастної чутливості як маркера, який дозволяє ще до операції передбачити ризики незадоволеності пацієнта результатом. У пацієнтів з порушеннями контрастної чутливості навіть за високої гостроти зору існує ризик суб'єктивного дискомфорту після втручання. Тому оцінка цього показника має стати стандартним компонентом передопераційного обстеження.

З точки зору офтальмохірургії, особливу увагу слід приділяти комплексному аналізу функціонального стану зорової системи до операції. Встановлено, що навіть за відсутності патологічних змін сітківки або рогівки, неадекватний вибір ІОЛ без врахування індивідуальних особливостей може призвести до погіршення якості зору. Так, імплантація сферичної лінзи у пацієнтів із широкою зіницею або вираженими рогівковими абераціями здатна посилити явище розсіювання світла та знизити контрастну чутливість, що негативно вплине на якість зорового сприйняття в реальних життєвих умовах.

Крім того, клінічна доцільність застосування асферичних ІОЛ підтверджена для осіб, які мають збережену морфологію макулярної зони та високі функціональні очікування після операції. У таких пацієнтів спостерігалось не лише покращення об'єктивних параметрів зору, але й значне зменшення скарг на втому очей, нечіткість об'єктів у сутінках, світлобоязнь та ореоли навколо джерел світла. Це свідчить про реальне підвищення зорового комфорту та якості життя після хірургічного втручання.

З огляду на отримані дані, важливо інтегрувати результати функціонального тестування до системи прийняття клінічних рішень при плануванні

факоемультсифікації катаракти. Це стосується не лише вибору типу ІОЛ, але й визначення термінів втручання. У пацієнтів із субклінічним зниженням контрастної чутливості, які мають високі зорові потреби, раннє оперативне лікування може бути більш виправданим, ніж очікування на значне погіршення гостроти зору.

Таким чином, клінічне значення дослідження полягає у підтвердженні ефективності персоналізованого підходу до лікування катаракти, який ґрунтується на об'єктивній оцінці функціонального стану ока, аналізі зорових потреб пацієнта та раціональному виборі типу ІОЛ. Така стратегія дозволяє досягти не лише покращення зорових показників, але й високого рівня задоволеності пацієнтів результатами лікування.

Резюме до розділу 4

Отже, було представлено аналіз функціональних результатів хірургічного лікування вікової катаракти з урахуванням типу імплантованих інтраокулярних лінз. Проведено порівняння впливу різних оптичних характеристик ІОЛ на основні показники зорової функції — максимально кориговану гостроту зору, контрастну чутливість та рівень сферичних аберацій у післяопераційному періоді.

Встановлено, що незалежно від типу імплантованої ІОЛ у більшості пацієнтів відзначається стабільне підвищення гостроти зору вже в перший місяць після операції, з подальшою позитивною динамікою через три місяці. Однак відмінності між групами щодо контрастної чутливості та сферичних аберацій виявилися суттєвими. Асферичні ІОЛ забезпечують кращу якість зору в умовах слабкого освітлення, вищу контрастну чутливість і менший рівень позитивних сферичних аберацій у порівнянні зі сферичними лінзами.

Отримані результати підкреслюють важливість індивідуального підходу до вибору моделі ІОЛ, з урахуванням функціональних потреб пацієнта, стану оптичних структур ока та очікувань щодо якості зору після операції. Запропонована оцінка функціональних параметрів дозволяє не лише покращити реабілітацію після факоемультсифікації, а й запобігти суб'єктивному незадоволенню пацієнтів за відсутності анатомічних ускладнень.

Таким чином, асферичні ІОЛ мають перевагу в контексті відновлення повноцінного зорового сприйняття, особливо в умовах підвищених вимог до якості зору. Отримані дані можуть бути використані для індивідуалізації хірургічної тактики та вдосконалення клінічних рекомендацій щодо вибору ІОЛ у пацієнтів із віковою катарактою.

Дані цього розділу висвітлені в публікації:

1. [95] Кочугур І. (2024). Вплив імплантації сферичних та асферичних інтраокулярних лінз на функціональні показники зору. Український науково-медичний молодіжний журнал, 149(3), 122-127.
[https://doi.org/10.32345/USMYJ.3\(149\).2024.122-127](https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(149).2024.122-127)

РОЗДІЛ 5. ПРОГНОСТИЧНА МОДЕЛЬ ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІСЛЯ ФАКОЕМУЛЬСИФІКАЦІЇ КАТАРАКТИ

На сучасному етапі розвитку офтальмохірургії важливим напрямом є не лише покращення технічних аспектів оперативного втручання при катаракті, а й удосконалення методів прогнозування результатів лікування. Незважаючи на високу ефективність факоемульсифікації, відновлення функціонального зору залежить від численних індивідуальних факторів — анатомічних, оптичних, біометричних і функціональних характеристик зорової системи. Це зумовлює необхідність створення моделей, які дозволяють передбачити найбільш імовірний функціональний результат ще до моменту оперативного втручання [97].

В цьому контексті особливу цінність мають прогностичні алгоритми, які базуються на поєднанні клінічних і параклінічних даних та враховують як стан макулярної зони, так і показники контрастної чутливості, аберацій, вікові особливості пацієнтів [100; 102-103]. Запропонована у межах цього дослідження модель дозволяє індивідуалізувати хірургічну тактику, вчасно виявляти пацієнтів із високим потенціалом покращення зору та оптимізувати очікування щодо післяопераційного результату.

5.1. Характеристика досліджуваних груп залежно від передопераційної гостроти зору

У дослідження було включено 160 пацієнтів (160 очей) з віковою катарактою, яким було заплановано проведення факоемульсифікації з імплантацією інтраокулярної лінзи. Середній вік учасників становив $62,1 \pm 8,4$ роки. Усі пацієнти були розподілені на дві клінічні групи залежно від рівня передопераційної максимально коригованої гостроти зору.

Дослідна група (група 1) включала 80 пацієнтів (80 очей), у яких передопераційна максимально коригована гострота зору становила 0,8 і вище. Ці пацієнти зверталися на хірургічне лікування переважно через суб'єктивні скарги на

зниження контрастності зору, підвищену світлобоязнь, труднощі з читанням або керуванням транспортом в умовах недостатнього освітлення, незважаючи на збережену високу візометричну гостроту зору.

Контрольна група (група 2) також налічувала 80 пацієнтів (80 очей), які звернулися з типовими ознаками прогресуючої катаракти і мали передопераційну гостроту зору нижче 0,8. У більшості з них відзначалися труднощі з виконанням повсякденних візуальних завдань, зниження зору в умовах яскравого або темного освітлення, а також необхідність частого оновлення окулярної корекції.

У всіх учасників не було виявлено грубої супутньої очної патології, що могла б суттєво впливати на функціональні результати. Для забезпечення порівнянності вибірки враховувалися також вік, стать, анамнез загальносоматичних захворювань, тип імплантованої інтраокулярної лінзи та біометричні параметри ока.

Таким чином, проведений розподіл дозволив проаналізувати вплив раннього хірургічного втручання при високих зорових показниках на подальші функціональні результати, зокрема з урахуванням змін контрастної чутливості, аберацій та морфології макулярної зони.

Критеріями включення до дослідження були: наявність вікової катаракти, відсутність грубих структурних змін з боку сітківки за даними оптичної когерентної томографії, стабільний соматичний статус, можливість участі у післяопераційному моніторингу впродовж трьох місяців. Усі пацієнти проходили стандартне доопераційне обстеження з визначенням гостроти зору, контрастної чутливості, сферичних аберацій, біометрії ока та стану макули.

Середній вік пацієнтів у дослідній групі становив $60,7 \pm 8,6$ років, у контрольній — $63,4 \pm 8,2$ років, що відповідало віковому розподілу осіб із початковими та прогресуючими формами катаракти. Жінки переважали в обох групах, що узгоджується з епідеміологічними даними про вищу захворюваність серед осіб жіночої статі.

Для всіх пацієнтів було забезпечено стандартизований підхід до хірургічного втручання: проводилась факоемульсифікація з імплантацією монофокальної інтраокулярної лінзи (сферичної або асферичної залежно від показань), з однаковим

протоколом ведення післяопераційного періоду. Біометричні дані (довжина осі ока, кератометрія, глибина передньої камери) були статистично порівнянними між групами ($p > 0,05$).

Розподіл за типом ІОЛ був збалансованим: у кожній групі були пацієнти як із сферичними, так і з асферичними моделями. Це дало змогу уникнути зміщення результатів, пов'язаного з відмінностями в типі лінз. Крім того, не фіксувалося статистично значущих відмінностей за показниками внутрішньоочного тиску, станом рогівки та полів зору між групами у передопераційний період.

Побудова таких однорідних за ключовими параметрами клінічних груп дозволила забезпечити валідність порівняння функціональних результатів після хірургії та оцінити потенційну користь раннього втручання при високих вихідних показниках гостроти зору.

Пацієнти обох груп отримували однакову медикаментозну підготовку до операції, однаковий тип анестезії (топікальна), а також ідентичну післяопераційну терапію. Це дозволило виключити вплив терапевтичного фактора на функціональні результати. Таким чином, основним критерієм розмежування груп був рівень передопераційної максимально коригованої гостроти зору.

Отримана вибірка створила передумови для проведення клініко-функціонального аналізу ефективності хірургічного втручання при різних рівнях вихідного зору. Зокрема, дослідження дало змогу оцінити, чи є доцільним проведення факоемульсифікації на ранніх стадіях катаракти, коли зорові функції ще зберігаються на високому рівні, але пацієнти мають суб'єктивні скарги на якість зору.

5.2. Порівняння функціональних результатів у групах спостереження

Для оцінки ефективності хірургічного втручання було проведено аналіз динаміки основних функціональних показників зору в обох групах пацієнтів — із високою ($\geq 0,8$) та субнормальною ($< 0,8$) максимально коригованою гостротою зору у передопераційний період. Спостереження здійснювалось у строки 1 місяць та 3 місяці після операції, з оцінкою гостроти зору, контрастної чутливості та сферичних аберацій.

Післяопераційна динаміка максимально коригованої гостроти зору виявила переваги у пацієнтів першої групи, які мали високі вихідні показники ($\geq 0,8$). Уже на першому місяці після операції в цій групі спостерігалось швидке покращення, яке залишалося стабільним і через три місяці. У другій групі, де передопераційна гострота зору була нижчою, позитивна динаміка також була статистично достовірною, але мала меншу вираженість. Це підтверджує, що збережена функціональна здатність зорової системи до операції є прогностично сприятливим фактором у досягненні кращих зорових результатів.

Таблиця 5.2

Показники гостроти зору у до- та післяопераційному періоді

Вид ІОЛ	Дослідна група			Контрольна група		
	Кількість пацієнтів	Середній показник гостроти зору	p	Кількість пацієнтів	Середній показник гостроти зору	p
Доопераційний період			0,8	0,9		
Alcon AcrySof IQ	60	0,8		20	0,5	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	0,8		20	0,4	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	0,9		20	0,6	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	0,9		20	0,5	
Післяопераційний період			0,5	0,6		
Alcon AcrySof IQ	60	0,9		20	0,7	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	0,9		20	0,6	
Johnson & Johnson Tecnis Symfony	60	1,0		20	0,9	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	1,0		20	0,8	

Показник сферичних аберацій також продемонстрував значну динаміку покращення, особливо в першій групі. Рівень аберацій у них зменшився в 1,5 рази через три місяці після операції, у той час як у другій групі цей показник зменшився

лише в 1,2 рази. Це свідчить про те, що збережена анатомічна і функціональна цілісність переднього сегмента ока до операції, ймовірно, забезпечує ефективніше функціонування оптичної системи після імплантації.

Таблиця 5.3

Показники сферичної аберації у до- та післяопераційному періоді

Вид ІОЛ	Дослідна група			Контрольна група		
	Кількість пацієнтів	Середній показник сферичних аберацій	р	Кількість пацієнтів	Середній показник сферичних аберацій	р
Доопераційний період			0,3			
Alcon AcrySof IQ	60	0,12		20	0,18	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	0,07		20	0,15	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	0,15		20	0,21	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	0,14		20	0,23	
Післяопераційний період			0,001			
Alcon AcrySof IQ	60	0,01		20	0,05	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	0,02		20	0,07	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	0,012		20	0,03	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	0,01		20	0,04	

Контрастна чутливість у першій групі зросла значно більшою мірою, що свідчить про високу збереженість нейросенсорного потенціалу зорової системи у таких пацієнтів. Післяопераційне покращення в умовах мезопічного освітлення досягло в середньому зростання в 1,7 рази, тоді як у другій групі приріст становив лише 1,1 рази ($p < 0,05$). Подібна картина спостерігалась і в умовах фотопічного освітлення, що вказує на більш ефективну інтеграцію оптичного сигналу після імплантації ІОЛ у пацієнтів з кращими вихідними характеристиками.

Таблиця 5.4

Показники контрастної чутливості у до- та післяопераційному періоді двома методами

Вид ІОЛ	Дослідна група			Контрольна група		
	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	p	Кількість пацієнтів	Середній показник контрастної чутливості	p
Доопераційний період (таблиця Пеллі-Робсона)			0,6			0,7
Alcon AcrySof IQ	60	1,181		20	1,120	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	1,150		20	1,103	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	1,230		20	1,175	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	1,217		20	1,156	
Післяопераційний період (таблиця Пеллі-Робсона)			0,03			0,04
Alcon AcrySof IQ	60	1,298		20	1,208	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	1,236		20	1,170	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	1,380		20	1,259	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	1,320		20	1,232	
Доопераційний період (Тест Clinic CSF Contrast Sensivity)			0,5			0,6
Alcon AcrySof IQ	60	1,227		20	1,163	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	1,203		20	1,145	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	1,257		20	1,223	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	1,243		20	1,190	
Післяопераційний період (Тест Clinic CSF Contrast Sensivity)			0,01			0,03
Alcon AcrySof IQ	60	1,545		20	1,315	
Alcon AcrySof Single-Piece	60	1,466		20	1,289	
Johnson & Johnson Tecnis Symphony	60	1,613		20	1,401	
Bausch + Lomb enVista IOL	60	1,580		20	1,352	

У сукупності ці результати демонструють, що функціональні показники, включаючи гостроту зору, контрастну чутливість та сферичні аберації, мають тісний взаємозв'язок із вихідним станом зорової системи. Рання факоемульсифікація у пацієнтів із відносно високими доопераційними параметрами дозволяє досягти не лише стабільних, але й якісніших результатів у післяопераційному періоді. Це підкреслює важливість оптимального вибору часу для хірургічного втручання, особливо в пацієнтів із високими зоровими вимогами.

Варто зазначити, що післяопераційна стабілізація сферичних аберацій мала важливе значення не лише для якості центрального зору, але й для загального зорового комфорту пацієнтів. Пацієнти з вищим рівнем передопераційної гостроти зору демонстрували кращу адаптацію до змін у зоровій системі, що, ймовірно, пов'язано з менш вираженими структурними порушеннями оптичних середовищ. Це сприяло більш ефективній взаємодії імплантованої ІОЛ з рогівковим профілем та сітківкою, що проявлялося у нижчих значеннях аберацій у післяопераційному періоді.

У другій групі, де вихідні значення зорових функцій були знижені, навіть за умов покращення анатомічної прозорості, спостерігалось повільніше відновлення зорового сприйняття. Це підтверджує, що зміни контрастної чутливості та аберацій можуть бути наслідком не лише оптичної недостатності, а й нейросенсорних змін у сітківці або центральних зорових шляхах. Відповідно, відкладене хірургічне втручання у таких випадках може обмежити потенціал досягнення максимальної якості зору.

Особливої уваги заслуговує той факт, що у пацієнтів першої групи, які мали збережену гостроту зору до операції, покращення контрастної чутливості було більш збалансованим як в умовах денного, так і сутінкового освітлення. Це вказує на високу адаптаційну здатність зорової системи у цих пацієнтів, що є важливим для задоволеності результатом лікування. Таким чином, не лише гострота зору, але й стійкість зорового сприйняття в реальних умовах життя має важливе прогностичне значення.

У контексті контрастної чутливості слід підкреслити, що її зростання після операції було не лише кількісним, але й якісним — пацієнти відзначали зменшення зорової втоми, підвищення зручності при читанні та керуванні транспортом, особливо в умовах зниженої освітленості. Це ще раз підкреслює практичну значущість раннього оперативного втручання у пацієнтів із високими візуальними потребами, навіть при відносно збереженій гостроті зору.

У пацієнтів першої групи, які мали вищу передопераційну гостроту зору, приріст контрастної чутливості був найбільш помітним у діапазоні середніх та високих просторових частот. Це свідчить про здатність їхньої зорової системи ефективно сприймати деталі в умовах, близьких до повсякденних. Такий результат може бути пов'язаний із меншою вираженістю супутніх змін у макулярній зоні та рогівці, що забезпечує кращу взаємодію між анатомічними та оптичними компонентами після імплантації ІОЛ.

Натомість у другій групі покращення контрастної чутливості було більш вираженим у низьких просторових частотах, що свідчить про загальне покращення зорового сприйняття, але з менш вираженою здатністю до розрізнення дрібних деталей. Це ще раз підтверджує припущення, що у пацієнтів із зниженими початковими параметрами функціонального зору можливості до відновлення висококонтрастного бачення є більш обмеженими.

Показники сферичних аберацій також демонстрували чітку тенденцію до зниження в обох групах, однак з більш вираженою динамікою у пацієнтів першої групи. Зменшення аберацій у цих пацієнтів сприяло покращенню зорової якості в умовах змінного освітлення, зниженню ефекту гало та бліків, що підтверджує важливість корекції оптичних недоліків ще на етапі планування операції.

У післяопераційному періоді пацієнти з першої групи також рідше повідомляли про скарги на зорову втому та адаптаційні труднощі. Це свідчить про те, що раннє хірургічне втручання дозволяє не лише відновити анатомічну прозорість кришталика, а й забезпечити повноцінне функціональне зорове сприйняття, відповідне до потреб активного способу життя в літньому віці.

Таким чином, аналіз трьох ключових параметрів — гостроти зору, сферичних аберацій та контрастної чутливості — дозволяє стверджувати, що найбільш сприятливі результати досягаються за умови своєчасного хірургічного втручання на початкових стадіях катаракти. Це підкреслює необхідність переосмислення традиційної стратегії очікувального ведення та актуалізує завдання раннього виявлення навіть незначних функціональних порушень у пацієнтів з віковою катарактою.

5.3. Побудова та клінічне значення прогностичної моделі

З метою підвищення точності прогнозування функціональних результатів після факоемульсифікації вікової катаракти була побудована прогностична модель, яка базується на поєднанні морфологічних, функціональних та оптичних показників. До моделі включено передопераційні параметри контрастної чутливості, сферичних аберацій, а також дані оптичної когерентної томографії макулярної зони. Встановлено, що найбільший вплив на прогнозовану якість зору в післяопераційному періоді мають значення передопераційної контрастної чутливості та рівень сферичних аберацій.

Модель дозволяє ранжувати пацієнтів за ступенем очікуваного функціонального покращення та визначати оптимальні терміни хірургічного втручання. Це особливо важливо для пацієнтів із високою доопераційною гостротою зору, в яких традиційні показники не завжди відображають функціональні скарги. Застосування прогностичної моделі в клінічній практиці дозволяє зменшити частоту незадоволення результатом операції та підвищити індивідуалізацію підходу до лікування.

Клінічне значення моделі полягає також у її здатності обґрунтовувати вибір типу ІОЛ відповідно до характеристик ока пацієнта. Наприклад, при виявленні високих сферичних аберацій доцільно рекомендувати асферичні ІОЛ, а при виявленні незначних змін у макулі — не зволікати з втручанням, навіть за умови задовільної гостроти зору. Модель може стати корисним інструментом у практиці офтальмологів.

Побудована модель може бути подана формулою:

$$\ln(Y/(1 - Y)) = -0,068 + 0,763 \times X_1 - 0,140 \times X_2 + 0,426 \times X_3 + 0,451 \times X_4,$$

де Y – показник ризику відсутності покращення якості зору після факоемульсифікації катаракти; X_1 – гострота зору; X_2 – сферичні аберації; X_3 – контрастна чутливість за таблицею Пеллі-Робсона після операції; X_4 – контрастна чутливість за тестом Clinic CSF Contrast Sensivity.

Дану формулу використано на прикладі двох пацієнтів з дослідної та контрольної груп.

Пацієнт 1: Пацієнт М. віком 45 років 23 березня 2024 року звернувся в КНП «Свято-Михайлівська клінічна лікарня м. Києва» зі скаргами на поступове погіршення зору, розмитість зображення на правому оці. Вважає себе хворим з грудня 2023 року. При дослідженні пацієнта були отримані такі показники: гострота зору - 0,9; сферичні аберації - 0,14; контрастна чутливість за таблицею Пеллі-Робсона – 1,21; контрастна чутливість за тестом Clinic CSF Contrast Sensivity – 1,28. Був встановлений діагноз: «Незріла катаракта правого ока». Пацієнту було проведено на правому оці факоемульсифікацію катаракти з імплантацією Johnson & Johnson Tecnis Symfony IOL. Були отримані такі післяопераційні результати: гострота зору – 1,0; сферичні аберації - 0,01; контрастна чутливість за таблицею Пеллі-Робсона – 1,4; контрастна чутливість за тестом Clinic CSF Contrast Sensivity – 1,5. За отриманими післяопераційними результатами обчислюємо формулу:

$$\ln = -0,068 + 0,763 \times X_1 - 0,140 \times X_2 + 0,426 \times X_3 + 0,451 \times X_4 = -0,068 + 0,763 \times 1,0 - 0,140 \times 0,01 + 0,426 \times 1,4 + 0,451 \times 1,5 = -0,068 + 0,763 - 0,0014 + 0,5964 + 0,6765 = 1,9655.$$

$$P = 1 / (1 + e^{-1,9655}) = 1 / (1 + 0,139) = 0,878.$$

Ймовірність високої якості зору у пацієнта з дослідної групи становить 87,8%.

Пацієнт 2 : Пацієнт О. віком 65 років 13 квітня 2024 року звернувся в КНП «Свято-Михайлівська клінічна лікарня м. Києва» зі скаргами на поступове погіршення зору, відчуття «пелени» перед очима, світлобоязнь на лівому оці. Вважає себе хворим з 2021 року. При дослідженні пацієнта були отримані такі показники: гострота зору - 0,3; сферичні аберації - 0,17; контрастна чутливість за таблицею Пеллі-Робсона – 1,09; контрастна чутливість за тестом Clinic CSF Contrast Sensivity – 1,12.

Був встановлений діагноз: «Зріла катаракта лівого ока». Пацієнту було проведено на лівому оці факоемульсифікацію катаракти з імплантацією Alcon AcrySof Single-Piece IOL. Були отримані такі післяопераційні результати: гострота зору – 0,5; сферичні аберації - 0,2; контрастна чутливість за таблицею Пеллі-Робсона – 1,0; контрастна чутливість за тестом Clinic CSF Contrast Sensivity – 1,0. За отриманими післяопераційними результатами обчислюємо формулу:

$$\ln = -0,068 + 0,763 \times X1 - 0,140 \times X2 + 0,426 \times X3 + 0,451 \times X4 = -0,068 + (0,763 \times 0,5) - (0,140 \times 0,2) + (0,426 \times 1,0) + (0,451 \times 1,0) = -0,068 + 0,3815 - 0,028 + 0,426 + 0,452 = 1,1625.$$

$$P = 1 / (1 + e^{-1,1625}) = 1 / (1 + 0,3126) = 0,762.$$

Ймовірність високої якості зору у пацієнта з контрольної групи становить 76,2%.

Таким чином, при оперативному втручанні в дослідній групі прогноз підвищення якості зору є більш сприятливим, ніж у контрольній. Тому, необхідно проводити оперативне втручання на ранніх стадіях, коли гострота зору пацієнта з корекцією 0,8-1,0, щоб отримати максимальну якість зору, на відміну від контрольної групи.

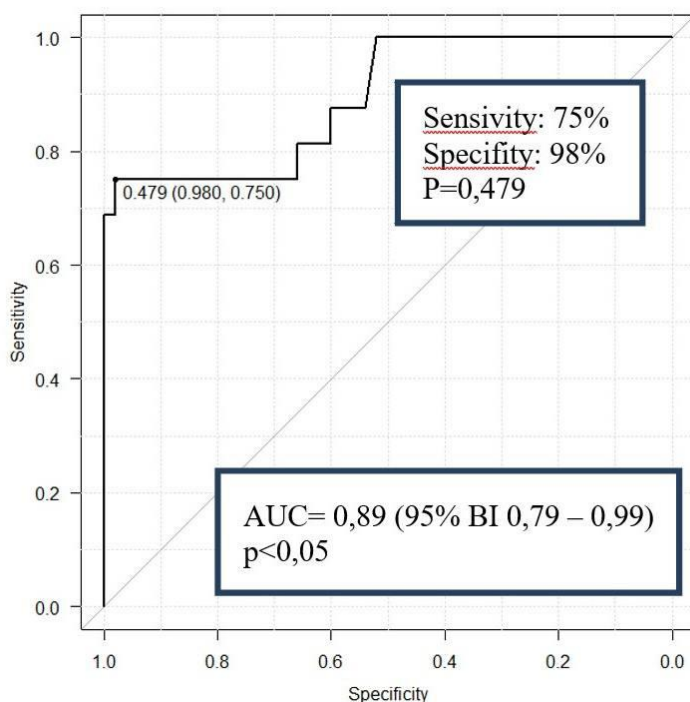


Рисунок 5.3 ROC-крива багатофакторної моделі покращення якості зору у пацієнтів після факоемульсифікації катаракти

Для оцінки дискримінаційної здатності побудованої моделі була згенерована ROC-крива. Площа під кривою (AUC) склала 0,89, ($p < 0,05$), що свідчить про високу точність моделі у прогнозуванні позитивного функціонального результату після оперативного втручання. Визначено оптимальне граничне значення (cut-off point), яке дозволяє з високою чутливістю (75%) та специфічністю (98%) прогнозувати ймовірність покращення зорової функції.

Отримана модель може використовуватись у клінічній практиці для персоналізованого планування хірургічного лікування катаракти, прийняття рішень щодо термінів втручання та вибору типу ІОЛ. Крім того, її можна інтегрувати у програмне забезпечення біометричних або візуалізаційних платформ для автоматизованої оцінки ризиків та очікуваного функціонального ефекту.

Резюме до розділу 5

У цьому розділі представлено результати побудови прогностичної моделі для оцінки ефективності факоемульсифікації вікової катаракти з урахуванням функціональних показників зору. На основі клінічного спостереження 160 пацієнтів було визначено ключові фактори, що впливають на якість зору після операції, серед яких контрастна чутливість, рівень сферичних аберацій та морфологічні параметри макулярної зони. Аналіз показав, що раннє хірургічне втручання, проведене до розвитку виражених змін у фовеоларній зоні, сприяє досягненню кращих зорових результатів.

На основі отриманих даних було сформовано логістичну модель, яка дозволяє прогнозувати ймовірність високої функціональної ефективності лікування. ROC-аналіз підтвердив високу точність моделі, з площею під кривою $AUC = 0,89$. Це свідчить про її практичну цінність для клінічної офтальмології. Модель може бути використана як інструмент індивідуалізованого планування хірургічного втручання з урахуванням особливостей зорової системи кожного пацієнта та забезпечити обґрунтоване прийняття рішень щодо вибору часу операції та типу інтраокулярної лінзи.

Дані цього розділу висвітлені в публікації:

[97] Жабосєдов Д.Г., Кочугур І.В. (2024). Прогностична модель підвищення якості зору після факоемульсифікації катаракти. Архів офтальмології України, 12(3), 149-155. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.12.3.2024.385>

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Вікова катаракта є однією з найпоширеніших причин зниження зору у людей старшого віку. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, вона входить до переліку основних причин оборотної сліпоти у світі. Патогенез катаракти включає складні біохімічні та структурні зміни у кришталіку, зокрема агрегацію кристалінів, підвищення оксидативного стресу та порушення прозорості, що супроводжується прогресуючим зниженням функціонального зору. Особливу актуальність проблема катаракти набуває у зв'язку зі зростанням середньої тривалості життя та збільшенням частки населення старших вікових груп [1-4].

У процесі аналізу літератури було встановлено, що формальна гострота зору не є єдиним показником успішності лікування катаракти. Все частіше у сучасній офтальмології акцент зміщується на якість зору, яка визначається здатністю до розрізнення контрастів, відсутністю аберацій, стабільністю зорового сприйняття в різних умовах освітлення. Це обґрунтовує необхідність використання розширених функціональних тестів, таких як оцінка контрастної чутливості за допомогою цифрових систем, а також застосування індивідуалізованого підходу до вибору інтраокулярної лінзи [8-10].

У вітчизняній та зарубіжній літературі контрастна чутливість усе частіше розглядається як ключовий компонент якісного зору, особливо у пацієнтів літнього віку [20-24]. На відміну від стандартної гостроти зору, яка оцінює сприйняття дрібних об'єктів при високому контрасті, контрастна чутливість дозволяє оцінити здатність бачити при слабкому освітленні, в тумані або при сприйнятті об'єктів зі зниженим контуром [35-38]. Саме тому багато авторів вважають її більш функціонально значущим показником, особливо в післяопераційний період [40-42].

Дослідження останніх років свідчать, що тип імплантованої інтраокулярної лінзи безпосередньо впливає на контрастну чутливість [50-51]. Асферичні ІОЛ демонструють переваги у збереженні контрастної чутливості, зменшенні сферичних аберацій та підвищенні якості зору в умовах низької освітленості [52-53]. Ряд дослідників наголошує, що саме вибір ІОЛ за оптичними характеристиками є

ключовим фактором у формуванні задоволеності пацієнтів результатами хірургії катаракти [54-56].

Деякі науковці звертають увагу на взаємозв'язок між віком пацієнтів і характером змін контрастної чутливості. У роботах зазначено, що пацієнти старшого віку мають знижений функціональний резерв, тому їхній зоровий комфорт більше залежить від типу ІОЛ та якісної передопераційної діагностики [65-67]. Згідно з результатами метааналізу, найбільш виражене покращення контрастної чутливості спостерігається у пацієнтів, яким було імплантовано асферичні ІОЛ у поєднанні з фільтрами синього спектра [68].

Сучасна література також містить дослідження, присвячені цифровим методам вимірювання контрастної чутливості. Тест Clinic CSF, а також інші комп'ютеризовані платформи демонструють високу точність, відтворюваність результатів та зручність використання у клінічних умовах [70-72]. Цифрові методики дозволяють виявляти функціональні порушення на доклінічному етапі, що надає додаткові можливості для персоналізації хірургічного втручання [84].

Окрему групу публікацій становлять роботи, присвячені побудові прогностичних моделей зорових результатів після факоемульсифікації. У них підкреслюється важливість урахування не лише анатомічних параметрів, але й функціональних, зокрема контрастної чутливості, аберацій та вікових змін сітківки [89]. Результати таких досліджень свідчать про потенціал передопераційної диференціації пацієнтів за ризиком отримання субоптимального функціонального результату [95-97].

Встановлено, що поєднання катаракти з іншими офтальмологічними або системними патологіями істотно знижує ефективність хірургічного втручання та ускладнює прогнозування результатів. У зв'язку з цим важливою передумовою успішного лікування є міждисциплінарний підхід до планування хірургії з урахуванням системного стану пацієнта, морфології сітківки та стану рогівки [110].

Таким чином, результати огляду літератури дозволили сформулювати наукову гіпотезу, що удосконалення методів передопераційного обстеження, включення цифрових тестів контрастної чутливості та побудова прогностичних моделей здатні

покращити функціональні результати після факоемульсифікації [114]. Це дало підґрунтя для розробки дизайну власного клінічного дослідження та обґрунтування його методології.

Дизайн дослідження охоплював 240 пацієнтів віком від 45 до 75 років, що були розподілені на чотири підгрупи залежно від типу імплантованої інтраокулярної лінзи. Критерії включення передбачали наявність вікової катаракти без тяжкої супутньої офтальмопатології, що могло би впливати на функціональні результати. Було застосовано стандартизовані офтальмологічні методики, включаючи візометрію, біомікроскопію, авторефрактометрію, тонометрію, ОКТ макули, комп'ютерну периметрію та інші. Оцінка функціональних характеристик зору включала вимірювання контрастної чутливості, сферичних аберацій та аналіз макулярного профілю за допомогою OCT. Статистичну обробку проводили за допомогою EZR та MedStat.

Серед застосованих інструментів функціонального обстеження було використано два методи визначення контрастної чутливості – таблицю Пеллі-Робсона та цифровий тест Clinic CSF, що дозволило порівняти ефективність традиційного і сучасного підходів до оцінки якості зору. Також проводилася реєстрація сферичних аберацій за допомогою хвильового фронту, що дало змогу оцінити вплив типу ІОЛ на оптичні характеристики. Для оцінки морфології макули була застосована оптична когерентна томографія високої роздільної здатності, що дозволила виявити субклінічні зміни, які могли впливати на післяопераційний функціональний прогноз. Розділ 3 було присвячено аналізу контрастної чутливості як одного з ключових показників зорової якості після факоемульсифікації. У результаті дослідження встановлено, що у пацієнтів з високою початковою гостротою зору ($\geq 0,8$) відбувалося більш виражене покращення контрастної чутливості після хірургічного втручання. Було виявлено статистично значиме зростання контрастної чутливості в обох групах, однак у групі з кращим доопераційним зором покращення було у 1,7 рази, тоді як у групі з нижчими показниками — у 1,1 рази ($p < 0,05$). Це свідчить на користь раннього втручання навіть за умов задовільної візометричної функції.

Порівняння контрастної чутливості у чоловіків та жінок не виявило статистично значущих відмінностей. Натомість при порівнянні методик обстеження (таблиця Пеллі-Робсона та Clinic CSF) встановлено перевагу цифрового тесту, який продемонстрував вищі значення як у фотопічних, так і мезопічних умовах ($p < 0,05$), що підтверджує його більшу чутливість до виявлення змін зорової функції. Присутня позитивна динаміка покращення контрастної чутливості протягом першого та третього місяців після операції з найбільш інтенсивним зростанням у перші 30 днів.

Результати аналізу дозволили визначити клінічну доцільність включення тестування контрастної чутливості в алгоритм стандартного офтальмологічного обстеження пацієнтів з катарактою, особливо при виборі термінів оперативного втручання. Також було показано, що цифрова методика є більш інформативною для кількісного моніторингу якості зору, порівняно з традиційними таблицями, що обґрунтовує доцільність її ширшого впровадження в клінічну практику.

Було проаналізовано вплив різних типів інтраокулярних лінз на функціональні результати зору після факоемульсифікації вікової катаракти. Отримані дані свідчать про те, що гострота зору в усіх досліджуваних групах достовірно зростала вже в перший місяць після операції ($p < 0,05$), а максимальні значення фіксувалися на третьому місяці. Пацієнти, яким було імплантовано асферичні лінзи, мали дещо вищі показники максимально коригованої гостроти зору порівняно зі сферичними моделями ($p < 0,05$). Це свідчить про оптичну перевагу асферичного типу, особливо в умовах слабкого освітлення.

Аналіз контрастної чутливості в післяопераційному періоді показав її достовірне покращення в усіх групах. У пацієнтів з асферичними ІОЛ контрастна чутливість зросла у 1,6 рази, тоді як у пацієнтів зі сферичними ІОЛ — у 1,3 рази ($p < 0,05$). Також виявлено більш гармонійний зоровий комфорт у пацієнтів з асферичними ІОЛ при переході від яскравого до тьмяного освітлення. Це може бути пов'язано зі зменшенням сферичних аберацій завдяки геометричним особливостям сучасних асферичних лінз.

Сферичні аберації після операції також достовірно зменшувались у всіх пацієнтів. У групі з асферичними ІОЛ зниження становило 1,5 рази ($p < 0,05$), у той час

як у групі зі сферичними лінзами — 1,2 рази ($p < 0,05$). Це покращення корелювало з рівнем задоволеності пацієнтів функціональними параметрами зору, зокрема при водінні вночі та роботі в умовах низького контрасту. Таким чином, вибір ІОЛ з низькими абераційними властивостями має важливе значення для оптимізації якості зору.

Узагальнено функціональні результати післяопераційного періоду. У пацієнтів з асферичними ІОЛ спостерігалася більш стабільна динаміка покращення зорових показників та менша кількість скарг на залишкові оптичні явища. Отримані дані дозволили сформулювати висновок про доцільність вибору асферичних ІОЛ у пацієнтів з високими візуальними потребами, а також у тих, хто активно керує транспортом або працює в умовах змінного освітлення.

Підсумовуючи, було підтверджено високу ефективність сучасних інтраокулярних лінз із вдосконаленим оптичним дизайном, які дозволяють не лише відновити гостроту зору, але й значно поліпшити якісні характеристики зорової функції. Це відповідає сучасним вимогам до післяопераційного зору в умовах активного старіння населення та підвищених очікувань пацієнтів. Результати обґрунтовують необхідність індивідуального підходу до підбору ІОЛ з урахуванням функціональних параметрів ока.

Розроблено та проаналізовано прогностичну модель, яка дозволяє прогнозувати якість зору після факоемульсифікації вікової катаракти на основі доопераційних параметрів. Загальна кількість учасників становила 160 пацієнтів, які були ретельно відібрані за відповідними критеріями включення та виключення. Пацієнтів розподілили на дві групи відповідно до рівня максимально коригованої гостроти зору у віддаленому післяопераційному періоді — 0,8 і вище (група 1), нижче 0,8 (група 2). Такий поділ дозволив проаналізувати предиктори високої функціональної ефективності втручання.

Проведено оцінку ключових зорових показників, зокрема гостроти зору, сферичних аберацій та контрастної чутливості. У групі 1 спостерігалось достовірно більше покращення контрастної чутливості ($p < 0,001$), що може бути пов'язано з вчасним хірургічним втручанням до значного зниження прозорості оптичних

середовищ. Сферичні аберації в цій групі зменшились у 1,5 рази ($p < 0,05$), тоді як у групі 2 лише в 1,2 рази ($p < 0,05$). Це підтверджує, що своєчасне видалення катаракти сприяє мінімізації залишкових оптичних дефектів.

Підвищення максимально коригованої гостроти зору через 3 місяці після операції виявилось достовірно вищим у групі 1 — досягнуто $1,0 \pm 0,01$ у 62,5% пацієнтів ($p < 0,001$). У групі 2 лише у 28,7% хворих було досягнуто такого рівня. Аналіз функціональних показників засвідчив, що при високих вихідних параметрах зору можна очікувати значно кращі результати навіть за однакових технічних умов проведення операції. Це підтверджує доцільність раннього хірургічного втручання до моменту втрати зорової функції.

На основі багатофакторного логістичного регресійного аналізу була побудована прогностична модель, яка включає такі змінні, як передопераційна контрастна чутливість, ступінь сферичних аберацій, товщина макули за даними ОКТ та вік пацієнта. Розрахована модель продемонструвала високий рівень точності, що підтверджено ROC-аналізом ($AUC = 0,89$; 95% CI: 0,79–0,99, чутливість – 75%, специфічність – 98%). Це свідчить про добру дискримінативну здатність моделі передбачати високі функціональні результати.

Клінічне значення запропонованої моделі полягає у можливості персоналізованого підходу до планування хірургічного лікування катаракти. Вона дозволяє виділити пацієнтів, у яких можна очікувати максимальне зорове покращення, а також ідентифікувати групи ризику, для яких необхідне додаткове дообстеження чи уточнення тактики. Таким чином, впровадження прогностичної моделі підвищує точність медичних рішень та ефективність комунікації з пацієнтом щодо прогнозу втручання.

ВИСНОВКИ

1. Доопераційне дослідження контрастної чутливості виявило її суттєве зниження у пацієнтів з віковою катарактою, незалежно від рівня максимально коригованої гостроти зору, як у фотопічних, так і особливо у мезопічних умовах. Особливо показовими були результати в мезопічних умовах, де контрастна чутливість була достовірно нижчою в обох групах порівняно з фотопічними ($p < 0,01$). Отже, контрастна чутливість є чутливим показником ранніх функціональних змін при катаракті, які не завжди ідентифікуються стандартною візометрією. Її обов'язкове включення до передопераційного обстеження дозволяє своєчасно виявити функціональні обмеження та обґрунтувати хірургічне втручання на ранньому етапі, навіть за збереження високої гостроти зору

2. У мезопічних умовах після факоемульсифікації у всіх групах пацієнтів спостерігалось покращення контрастної чутливості, яке виявилось достовірно вищим у пацієнтів з асферичними ІОЛ та у тих, хто мав високу вихідну гостроту зору. У пацієнтів з максимально коригованою гостротою зору $\geq 0,8$ контрастна чутливість у мезопії підвищилась у 1,6 рази ($p < 0,05$), а у пацієнтів з максимально коригованою гостротою зору $< 0,8$ — у 1,2 рази ($p < 0,05$). У групі з асферичними ІОЛ середній показник у мезопії склав $1,63 \pm 0,13$, у групі зі сферичними ІОЛ — $1,42 \pm 0,12$, $p < 0,05$. Найбільш значиме покращення відзначалося на середніх просторових частотах, які є критичними для зору в умовах сутінків і при недостатньому освітленні. У пацієнтів із асферичними ІОЛ приріст показників на середніх частотах становив від 1,28 до 1,56 ($p < 0,05$), тоді як у групі зі сферичними ІОЛ — від 1,20 до 1,32 ($p < 0,05$). Таким чином, асферичні ІОЛ забезпечують суттєво вищу функціональну зорову ефективність у мезопічних умовах, а пацієнти з високою доопераційною гостротою зору краще адаптуються в умовах низького освітлення. Це має важливе значення для оцінки зорового комфорту в реальних побутових і професійних умовах.

3. У фотопічних умовах після факоемульсифікації відзначено достовірне покращення контрастної чутливості в обох групах пацієнтів, а також при імплантації як сферичних, так і асферичних ІОЛ. Проте ступінь функціонального покращення

залежав як від типу ІОЛ, так і від вихідної гостроти зору пацієнта. У пацієнтів з максимально коригованою гостротою зору $\geq 0,8$ контрастна чутливість на середніх просторових частотах зросла у 1,7 рази ($p < 0,05$), а у пацієнтів з максимально коригованою гостротою зору $< 0,8$ — у 1,1 рази ($p < 0,05$). В групі з асферичними ІОЛ: $1,74 \pm 0,14$, в групі зі сферичними ІОЛ: $1,51 \pm 0,15$, $p < 0,05$. Особливо показовим є те, що пацієнти з високою вихідною гостротою зору демонстрували більш збалансоване покращення зорових функцій не лише на низьких, а й на високих просторових частотах, що пов'язано зі здатністю до розрізнення дрібних деталей. Таким чином, асферичні ІОЛ та висока доопераційна гострота зору є предикторами більш значного і стабільного покращення контрастної чутливості в умовах денного освітлення, що має практичне значення для активних пацієнтів похилого віку.

4. Порівняльний аналіз традиційної таблиці Пеллі-Робсона та цифрового тесту Clinix CSF показав достовірну перевагу останнього, як в умовах фотопічного, так і мезопічного освітлення. Цифрова методика дозволила виявити вищі показники контрастної чутливості у пацієнтів у всі досліджувані періоди, що підтверджено статистично. У фотопічних умовах середній показник контрастної чутливості через 1 місяць після операції становив: $1,678 \pm 0,30$ у цифровому тесті Clinix CSF, $1,423 \pm 0,25$ за таблицею Пеллі-Робсона, $p < 0,05$. У мезопічних умовах через 1 місяць: $1,650 \pm 0,25$ за Clinix CSF, $1,400 \pm 0,22$ за Пеллі-Робсоном, $p < 0,05$. Clinix CSF виявився чутливішим до змін функціонального зору завдяки можливості оцінювати контрастну чутливість у широкому діапазоні просторових частот. Його переваги включають адаптивну методику вимірювання, об'єктивну реєстрацію відповідей та цифрове збереження результатів для динамічного аналізу. Таким чином, Clinix CSF є інформативнішим інструментом для виявлення субклінічних змін зору, дозволяє проводити точний моніторинг функціонального результату після факоемульсифікації і рекомендований до ширшого використання в офтальмології.

5. У результаті дослідження встановлено, що імплантація асферичних інтраокулярних лінз достовірно знижує рівень сферичних аберацій у порівнянні з використанням сферичних моделей ІОЛ. У групі пацієнтів з асферичними ІОЛ показник сферичних аберацій зменшився з $0,42 \pm 0,05$ мкм до $0,28 \pm 0,04$ мкм через 3

місяці після операції ($p < 0,05$), що становило зниження у 1,5 рази. У групі зі сферичними ІОЛ рівень зменшився з $0,37 \pm 0,06$ до $0,31 \pm 0,05$ мкм, тобто лише у 1,2 рази ($p < 0,05$). Отримані результати підтверджують, що асферичний тип ІОЛ більш ефективно компенсує позитивні рогівкові аберації, особливо у пацієнтів з інтактною макулою. Така корекція оптичної системи забезпечує чіткіше зображення, зменшує гало та світлові спотворення у темряві, що є клінічно значущим для покращення зорового комфорту пацієнтів після операції. Таким чином, вибір типу ІОЛ відіграє ключову роль у зменшенні сферичних аберацій і покращенні функціонального результату.

6. Дослідження виявило, що морфологічний стан макули, особливо центральної фовеолярної зони, суттєво впливає на функціональні результати після факоемульсифікації. У пацієнтів із морфологічно інтактною макулою через місяць після операції показник контрастної чутливості у фотопічних умовах становив $1,74 \pm 0,14$, а у пацієнтів із макулярними змінами — $1,49 \pm 0,13$ ($p < 0,05$). Також встановлено, що асиметрія сітківкової архітекτονіки, порушення профілю фовеоли асоціювались із меншим ступенем покращення контрастної чутливості, зокрема в мезопічних умовах. Це свідчить про те, що макулярна структура є ключовим анатомічним предиктором функціонального зорового результату, незалежно від об'єктивного досягнення високої гостроти зору. Таким чином, включення ОКТ-оцінки макули до передопераційного планування дозволяє прогнозувати ефективність операції з точки зору суб'єктивної якості зору та допомагає індивідуалізувати підхід до вибору тактики лікування.

7. Розроблена прогностична модель дозволила з високою точністю передбачити ймовірність досягнення максимально коригованої гостроти зору 0,8 і вище через 3 місяці після операції. Побудована ROC-крива продемонструвала площу під кривою $AUC = 0,89$ (95% CI: 0,79–0,99), чутливість – 75%, специфічність – 98%, що свідчить про високу прогностичну ефективність моделі. Впровадження моделі прогнозування функціонального результату до клінічної практики дозволяє здійснювати персоналізований підхід до лікування пацієнтів із віковою катарактою, обґрунтовано планувати хірургічне втручання, оптимізувати вибір типу ІОЛ та проводити

інформовану консультацію пацієнтів щодо очікуваного функціонального зору. Це підвищує якість медичної допомоги, задоволеність пацієнтів і знижує ризик післяопераційних невдоволень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Feng, L., Zhao, F., Ke, X., Zhao, J., & Shi, M. (2022). Correlation Between Degree of Lens Opacity and the Phacoemulsification Energy Parameters Using Different Imaging Methods in Age-Related Cataract. *Translational vision science & technology*, 11(3), 24. <https://doi.org/10.1167/tvst.11.3.24>
2. Zhang, L., Lin, D., Wang, Y., Chen, W., Xiao, W., Xiang, Y., Zhu, Y., Chen, C., Dong, X., Liu, Y., Chen, W., & Lin, H. (2021). Comparison of Visual Neuroadaptations After Multifocal and Monofocal Intraocular Lens Implantation. *Frontiers in neuroscience*, 15, 648863. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.648863>
3. Wan, Y., Wang, Y., Zhao, L., Sun, M., An, L., Yang, Y., Jiang, A., Xu, Y., Chen, Z., & Li, X. (2020). Correlation among Lens Opacities Classification System III grading, the 25-item National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire, and Visual Function Index-14 for age-related cataract assessment. *International ophthalmology*, 40(7), 1831–1839. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01353-0>
4. Ang, R. E. T., Tañá-Rivero, P., Pastor-Pascual, F., Stodulka, P., Tetz, M., & Fischinger, I. (2023). Visual and Refractive Outcomes After Bilateral Implantation of a Biconvex Aspheric Toric Monofocal Intraocular with a Double C-Loop Haptic Design. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)*, 17, 2765–2776. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S432598>
5. Paulsen, A. J., Pinto, A., Fischer, M. E., Chen, Y., Huang, G. H., Klein, B. E. K., Klein, R., & Cruickshanks, K. J. (2021). Generational Differences in the 10-year Incidence of Impaired Contrast Sensitivity. *Ophthalmic epidemiology*, 28(2), 175–182. <https://doi.org/10.1080/09286586.2020.1791909>
6. Ke, S., Wan, W., & Li, C. (2023). Comparisons of visual outcomes between bilateral implantation and mix-and-match implantation of three types intraocular lenses. *International ophthalmology*, 43(4), 1143–1152. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02513-0>
7. Stanojcic, N., O'Brart, D., Hull, C., Wagh, V., Azan, E., Bhogal, M., Robbie, S., & Li, J. O. (2020). Visual and refractive outcomes and glistenings occurrence after

- implantation of 2 hydrophobic acrylic aspheric monofocal IOLs. *Journal of cataract and refractive surgery*, 46(7), 986–994. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000201>
8. Deshpande, R., Satijia, A., Dole, K., Mangiraj, V., & Deshpande, M. (2022). Effects on ocular aberration and contrast sensitivity after implantation of spherical and aspherical monofocal intraocular lens - A comparative study. *Indian journal of ophthalmology*, 70(8), 2862–2865. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_19_22
 9. Escaf-Jaraba, L., Escobar-DiazGranados, J., & Valdemarín, B. (2022). Comparing surgical efficiencies between phacoemulsification systems: a single surgeon retrospective study of 2000 eyes. *International journal of ophthalmology*, 15(4), 581–585. <https://doi.org/10.18240/ijo.2022.04.09>
 10. Li, Y., Jin, L., Wu, M., & Huang, Y. (2022). Evaluation value of subjective visual quality examination on surgical indications of the early cataracts based on objective scatter index values. *Frontiers in medicine*, 9, 1075693. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1075693>
 11. Nemet, A., Kanclerz, P., & Tuuminen, R. (2023). Should Multifocal Intraocular Lenses Become a Standard in Phacoemulsification Cataract Surgery?. *Journal of clinical medicine*, 12(5), 1983. <https://doi.org/10.3390/jcm12051983>
 12. Xie, H., Li, Z., Wu, C., Zhao, Y., Lin, C., Wang, Z., Wang, C., Gu, Q., Wang, M., Zheng, Q., Jiang, J., & Chen, W. (2023). Deep learning for detecting visually impaired cataracts using fundus images. *Frontiers in cell and developmental biology*, 11, 1197239. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1197239>
 13. Martínez-Roda, J. A., Vilaseca, M., Ondategui, J. C., Almudí, L., Asaad, M., Mateos-Pena, L., Arjona, M., & Pujol, J. (2016). Double-pass technique and compensation-comparison method in eyes with cataract. *Journal of cataract and refractive surgery*, 42(10), 1461–1469. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.08.015>
 14. Pérez-Sanz, L., Gonzalez-Fernandez, V., Gómez-Pedrero, J. A., Albarrán-Diego, C., García-Montero, M., & Garzón, N. (2023). Optical and Clinical Outcomes of an Isofocal Intraocular Lens vs. a Monofocal Standard Lens. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(10), 2001. <https://doi.org/10.3390/life13102001>

15. Keay, L., Ho, K. C., Rogers, K., McCluskey, P., White, A. J., Morlet, N., Ng, J. Q., Lamoureux, E., Pesudovs, K., Stapleton, F. J., Boufous, S., Huang-Lung, J., & Palagyi, A. (2022). The incidence of falls after first and second eye cataract surgery: a longitudinal cohort study. *The Medical journal of Australia*, 217(2), 94–99. <https://doi.org/10.5694/mja2.51611>
16. Rossi, T., Romano, M. R., Carotenuto, A., Malvasi, C., Angelini, G. B., Rossi, A., Telani, S., Ripandelli, G., & Querzoli, G. (2023). Phacoemulsification Tip Elongation Under Standardized Resistance: An Objective Measure of Human Crystalline Lens Hardness. *Translational vision science & technology*, 12(4), 6. <https://doi.org/10.1167/tvst.12.4.6>
17. Iftikhar, M., Abariga, S. A., Hawkins, B. S., Zafar, S., Mir, T. A., Jampel, H., & Woreta, F. A. (2021). Pharmacologic interventions for mydriasis in cataract surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 5(5), CD012830. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012830.pub2>
18. Pedrotti, E., Bonacci, E., Kilian, R., Pagnacco, C., Anastasi, M., Ventura, M., & Marchini, G. (2023). Quality of vision and outcomes after bilateral implantation of pseudo-non diffracting beam IOL. *Frontiers in medicine*, 10, 1085280. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1085280>
19. Fang, R., Yu, Y. F., Li, E. J., Lv, N. X., Liu, Z. C., Zhou, H. G., & Song, X. D. (2022). Global, regional, national burden and gender disparity of cataract: findings from the global burden of disease study 2019. *BMC public health*, 22(1), 2068. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14491-0>
20. Day, A. C., Burr, J. M., Bennett, K., Hunter, R., Bunce, C., Doré, C. J., Nanavaty, M. A., Balaggan, K. S., & Wilkins, M. R. (2021). Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with phacoemulsification: the FACT non-inferiority RCT. *Health technology assessment (Winchester, England)*, 25(6), 1–68. <https://doi.org/10.3310/hta25060>
21. Khan, J., & Shaw, S. (2023). Risk of cataract and glaucoma among older persons with diabetes in India: a cross-sectional study based on LASI, Wave-1. *Scientific reports*, 13(1), 11973. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38229-z>

22. Jiang, C., Melles, R. B., Sangani, P., Hoffmann, T. J., Hysi, P. G., Glymour, M. M., Jorgenson, E., Lachke, S. A., & Choquet, H. (2023). Association of Behavioral and Clinical Risk Factors With Cataract: A Two-Sample Mendelian Randomization Study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 64(10), 19. <https://doi.org/10.1167/iovs.64.10.19>
23. Hatsusaka, N., Tanimura, N., Yamazaki, M., Mita, N., Ukai, Y., Seki, Y., Miyashita, H., Mito, T., Kubo, E., & Sasaki, H. (2022). Vision With Retrodots and Factors for Declining Visual Function. *Investigative ophthalmology & visual science*, 63(12), 17. <https://doi.org/10.1167/iovs.63.12.17>
24. Luo, Y., Xu, G., Li, H., Ma, T., Ye, Z., & Li, Z. (2023). Application of the Active-Fluidics System in Phacoemulsification: A Review. *Journal of clinical medicine*, 12(2), 611. <https://doi.org/10.3390/jcm12020611>
25. Zarei-Ghanavati, S., Monfared, N., Heravian, J., Momeni-Moghaddam, H., Hemmatian, Z., & Wolffsohn, J. S. (2022). Randomized contralateral comparison of visual outcomes following implantation of two monofocal aspherical intraocular lenses after cataract surgery. *International ophthalmology*, 42(5), 1563–1571. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-02150-z>
26. Tañá-Rivero, P., Aguilar-Córcoles, S., Tañá-Sanz, P., Tañá-Sanz, S., & Montés-Micó, R. (2023). Axial length acquisition success rates and agreement of four optical biometers and one ultrasound biometer in eyes with dense cataracts. *Eye and vision (London, England)*, 10(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40662-023-00352-3>
27. Bamdad, S., Ahmad Razavizadegan, S., Farvardin, M., & Mohaghegh, S. (2022). Vision-related Quality of Life after Bilateral Implantation of Monofocal and Multifocal Intraocular Lenses. *Journal of ophthalmic & vision research*, 17(1), 19–26. <https://doi.org/10.18502/jovr.v17i1.10166>
28. Wang, H., Chen, X., Xu, J., & Yao, K. (2023). Comparison of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification on corneal impact: A meta-analysis and systematic review. *PloS one*, 18(4), e0284181. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284181>

29. Kecik, M., & Schweitzer, C. (2023). Femtosecond laser-assisted cataract surgery: Update and perspectives. *Frontiers in medicine*, 10, 1131314. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1131314>
30. Wai, Y. Z., Chong, Y. Y., Lim, L. T., Chan, J. B., & Chandrasekaran, S. (2023). Preferred cataract surgery practices in Malaysia: a survey based study. *BMC research notes*, 16(1), 116. <https://doi.org/10.1186/s13104-023-06391-2>
31. Signes-Soler, I., Javaloy, J., Montés-Micó, R., Muñoz, G., Montalbán, R., Hernández, A., & Albarrán-Diego, C. (2023). Vision-Related Quality of Life after Cataract Surgery in West Africa. *West African journal of medicine*, 40(3), 329–335.
32. Martínez-Plaza, E., Ruiz-Fortes, P., Soto-Negro, R., Hernández-Rodríguez, C. J., Molina-Martín, A., Arias-Puente, A., & Piñero, D. P. (2022). Characterization of Dysfunctional Lens Index and Opacity Grade in a Healthy Population. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1167. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051167>
33. Song, M. Y., Noh, S. R., & Kim, K. Y. (2021). Refractive prediction of four different intraocular lens calculation formulas compared between new swept source optical coherence tomography and partial coherence interferometry. *PloS one*, 16(5), e0251152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251152>
34. Kim, D. G., Webel, A. D., Blumenkranz, M. S., Kim, Y., Yang, J. H., Yu, S. Y., Kwak, H. W., Palanker, D., Toy, B., & Myung, D. (2022). A Smartphone-Based Near-Vision Testing System: Design, Accuracy, and Reproducibility Compared With Standard Clinical Measures. *Ophthalmic surgery, lasers & imaging retina*, 53(2), 79–84. <https://doi.org/10.3928/23258160-20220121-05>
35. Narayan, A., Evans, J. R., O'Brart, D., Bunce, C., Gore, D. M., & Day, A. C. (2023). Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD010735. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010735.pub3>
36. Song, M. Y., Noh, S. R., & Kim, K. Y. (2021). Refractive prediction of four different intraocular lens calculation formulas compared between new swept source optical coherence tomography and partial coherence interferometry. *PloS one*, 16(5), e0251152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251152>

37. Abu-Ain, M. S., Al-Latayfeh, M. M., & Khan, M. I. (2022). Do limbal relaxing incisions during cataract surgery still have a role?. *BMC ophthalmology*, 22(1), 102. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02327-9>
38. Petrella, L., Nunes, S., Perdigão, F., Gomes, M., Santos, M., Pinto, C., Morgado, M., Travassos, A., Santos, J., & Caixinha, M. (2022). Feasibility assessment of the Eye Scan Ultrasound System for cataract characterization and optimal phacoemulsification energy estimation: protocol for a pilot, nonblinded and monocentre study. *Pilot and feasibility studies*, 8(1), 219. <https://doi.org/10.1186/s40814-022-01173-2>
39. Polishchuk, O. (2022). Polytetrafluoroethylene to reduce spherical aberration of intraocular lenses. XIII International Scientific and Practical Conference "MODERN DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH DEVELOPMENT". (pp. 235-240). June 15-17, 2022, Chicago, USA.
40. Polishchuk, O., Kozyar, V., Zhaboiedov, D. (2022). Method for reducing longitudinal spherical aberration of intraocular lenses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (115)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251521>
41. de Souza, R. G., Golla, A., Khan, M., de Oca, I. M., Khandelwal, S., & Al-Mohtaseb, Z. (2022). Association of optical cataract indices with cataract severity and visual function. *International ophthalmology*, 42(1), 27–33. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-01995-8>
42. To, Q., Huynh, V. A., Do, D., Do, V., Congdon, N., Meuleners, L., Vandelanotte, C., Hong, H., Nguyen, H., & To, K. (2022). Falls and Physical Activity among Cataract Patients in Vietnam. *Ophthalmic epidemiology*, 29(1), 70–77. <https://doi.org/10.1080/09286586.2021.1893341>
43. Petrella, L., Nunes, S., Perdigão, F., Gomes, M., Santos, M., Pinto, C., Morgado, M., Travassos, A., Santos, J., & Caixinha, M. (2022). Feasibility assessment of the Eye Scan Ultrasound System for cataract characterization and optimal phacoemulsification energy estimation: protocol for a pilot, nonblinded and

- monocentre study. Pilot and feasibility studies, 8(1), 219.
<https://doi.org/10.1186/s40814-022-01173-2>
44. Денисюк О. Ю. (2021). Факоемульсифікація катаракти і прогресування вікової макулярної дегенерації / О. Ю. Денисюк // Архів офтальмології України. - 2021. - Т. 9, № 2. - С. 32-39. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aroftu_2021_9_2_9
45. Поліщук О.С., Козяр В.В. (2022). Метод зменшення поздовжньої сферичної аберації інтраокулярних лінз. MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING, Odesa, Ukraine, May 25-27, 2022, P. 38-41
46. Tang, H. Y., Rosén, M., & Granstam, E. (2023). Cataract surgery in neovascular AMD: impact on visual acuity and disease activity. BMC ophthalmology, 23(1), 276. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03028-7>
47. Chen, X. Y., Wu, Q. R., Xie, M. Y., Zhang, D., & Zhang, C. (2023). Bibliometric analysis of research relating to refractive cataract surgery over a 20-year period: from 2003 to 2022. International journal of ophthalmology, 16(10), 1692–1701. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.10.20>
48. Song, M. Y., Noh, S. R., & Kim, K. Y. (2021). Refractive prediction of four different intraocular lens calculation formulas compared between new swept source optical coherence tomography and partial coherence interferometry. PloS one, 16(5), e0251152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251152>
49. Medhi, S., Senthil Prasad, R., Pai, A., Muthukrishnan, G. R., Mariammal, A., Chitradevi, R., & Shekhar, M. (2022). Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification: A retrospective study in a tertiary eye care center in South India. Indian journal of ophthalmology, 70(12), 4300–4305. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_802_22
50. Juthani, V. V., Clearfield, E., & Chuck, R. S. (2017). Non-steroidal anti-inflammatory drugs versus corticosteroids for controlling inflammation after uncomplicated cataract surgery. The Cochrane database of systematic reviews, 7(7), CD010516. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010516.pub2>

51. Wang, D., Liu, C., Guan, W., Lu, Z., Zhao, Y., & Zhao, Y. (2023). Effect of larger corneal spherical aberration in improving the near visual acuity of eyes implanted with the TECNIS Symfony. *Frontiers in medicine*, 10, 1094966. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1094966>
52. Gholami, S., Reus, N. J., & van den Berg, T. J. T. P. (2017). Changes in Intraocular Straylight and Visual Acuity with Age in Cataracts of Different Morphologies. *Journal of ophthalmology*, 2017, 5649532. <https://doi.org/10.1155/2017/5649532>
53. Georgiev, S., Ruiss, M., Dana-Fisus, A., Leitgeb, R. A., & Findl, O. (2023). Comparison of corneal aberrations from anterior segment swept source OCT versus Placido-topography combined spectral domain OCT in cataract patients. *Eye and vision (London, England)*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40662-023-00348-z>
54. Pohlmann, D., Pilger, D., Bertelmann, E., & von Sonnleithner, C. (2021). Corneal higher-order aberrations after cataract surgery: Manual phacoemulsification versus femtosecond-laser assisted technique. *European journal of ophthalmology*, 31(6), 2955–2961. <https://doi.org/10.1177/1120672121990611>
55. Garg, P., Khor, W. B., Roy, A., Tan, D. T., & APAX consortium (2023). A survey of Asian Eye Institutions on perioperative antibiotic prophylaxis in cataract surgery. *International ophthalmology*, 43(11), 4151–4162. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02816-w>
56. Sun, Y. X., Cao, R., Liu, Z. Y., Xia, H. Q., Cen, Y. J., Gao, L., & Shi, D. D. (2022). Comparisons of the energy efficiency and intraocular safety of two torsional phacoemulsification tips. *BMC ophthalmology*, 22(1), 392. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02619-0>
57. Georgiev, S., Ruiss, M., Dana-Fisus, A., Leitgeb, R. A., & Findl, O. (2023). Comparison of corneal aberrations from anterior segment swept source OCT versus Placido-topography combined spectral domain OCT in cataract patients. *Eye and vision (London, England)*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40662-023-00348-z>
58. Pahlitzsch, M., Pahlitzsch, M. L., Sumarni, U., & Pahlitzsch, T. (2018). Can we improve the efficacy of modern cataract surgery by using different tip designs? A comparison of balanced and tapered tip in femtosecond laser-assisted cataract surgery

- and manual phacoemulsification. *Clinical & experimental ophthalmology*, 46(1), 35–45. <https://doi.org/10.1111/ceo.12998>
59. Olstrup, T., Bende, T., Al-Mohamedi, H., Cayless, A., Bende, M., Leitritz, M. A., & Bartz Schmidt, K. U. (2021). Comparison of spherical and aspherical intraocular lenses with decentration and tilt error using a physical model of human contrast vision and an image quality metric. *Zeitschrift fur medizinische Physik*, 31(3), 316–326. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2021.01.004>
 60. Georgiev, S., Ruiss, M., Dana-Fisus, A., Leitgeb, R. A., & Findl, O. (2023). Comparison of corneal aberrations from anterior segment swept source OCT versus Placido-topography combined spectral domain OCT in cataract patients. *Eye and vision (London, England)*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40662-023-00348-z>
 61. Pohlmann, D., Pilger, D., Bertelmann, E., & von Sonnleithner, C. (2021). Corneal higher-order aberrations after cataract surgery: Manual phacoemulsification versus femtosecond-laser assisted technique. *European journal of ophthalmology*, 31(6), 2955–2961. <https://doi.org/10.1177/1120672121990611>
 62. Casparis, H., Lindsley, K., Kuo, I. C., Sikder, S., & Bressler, N. M. (2017). Surgery for cataracts in people with age-related macular degeneration. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2(2), CD006757. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006757.pub4>
 63. Nordström, M., Holm, M., Havstam Johansson, L., Rydberg Sterner, T., Ahlner, F., Falk Erhag, H., Skoog, I., & Zetterberg, M. (2022). Pseudophakia and Lens Opacities in 70-Year-Olds in Gothenburg, Sweden; Gender Differences, Impact on Self-Reported Visual Function and Validation of Self-Reported Cataract and Pseudophakia. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)*, 16, 3269–3281. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S366897>
 64. Minakaran, N., Ezra, D. G., & Allan, B. D. (2020). Topical anaesthesia plus intracameral lidocaine versus topical anaesthesia alone for phacoemulsification cataract surgery in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 7(7), CD005276. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005276.pub4>

65. Yangzes, S., Kamble, N., Grewal, S., & Grewal, S. P. S. (2020). Comparison of an aspheric monofocal intraocular lens with the new generation monofocal lens using defocus curve. *Indian journal of ophthalmology*, 68(12), 3025–3029. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_985_20
66. Son, H. S., Kim, S. H., Auffarth, G. U., & Choi, C. Y. (2019). Prospective comparative study of tolerance to refractive errors after implantation of extended depth of focus and monofocal intraocular lenses with identical aspheric platform in Korean population. *BMC ophthalmology*, 19(1), 187. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1193-z>
67. Gholami, S., Reus, N. J., & van den Berg, T. J. T. P. (2017). Changes in Intraocular Straylight and Visual Acuity with Age in Cataracts of Different Morphologies. *Journal of ophthalmology*, 2017, 5649532. <https://doi.org/10.1155/2017/5649532>
68. Безкоровайна І. М. (2018). Оцінка ефективності хірургічного лікування хворих віковою катарактою шляхом аналізу факторів ризику / І. М. Безкоровайна, І. С. Стебловська // *Офтальмологічний журнал*. - 2018. - № 1. - С. 3-6. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ofzh_2018_1_3
69. Стебловська І. С. (2018). Порівняльна характеристика характеру і частоти інтраопераційних, ранніх і пізніх післяопераційних ускладнень після різних методів хірургічного лікування катаракти / І. С. Стебловська, І. М. Безкоровайна // *Актуальні проблеми сучасної медицини*. - 2018. - Т. 18, Вип. 3. - С. 131-134. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apsm_2018_18_3_28/
70. Wan, Y., Zhao, L., Huang, C., Xu, Y., Sun, M., Yang, Y., An, L., Lv, S., Yu, Y., Chen, D., Zhou, P., Wang, Y., Zhang, M., Jiang, A., Chen, Z., & Li, X. (2021). Validation and comparison of the National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25 (NEI VFQ-25) and the Visual Function Index-14 (VF-14) in patients with cataracts: a multicentre study. *Acta ophthalmologica*, 99(4), e480–e488. <https://doi.org/10.1111/aos.14606>
71. Akpolat, C., Demir, M., Cevher, S., Ozturk, S. Z., & Yesiltas, S. (2022). The impact of phacoemulsification surgery on vision-related quality of life in senile cataract

- patients. *Therapeutic advances in ophthalmology*, 14, 25158414211063293. <https://doi.org/10.1177/25158414211063293>
72. Jansone-Langina, Z., & Ozolinsh, M. (2023). Evaluation of color vision related quality of life changes due to cataract surgery. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision*, 40(3), A139–A148. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.477090>
73. Yuasa, Y., Hirooka, K., Okada, N., Onoe, H., Murakami, Y., Okumichi, H., & Kiuchi, Y. (2023). Vision-Related Quality of Life following Combined Cataract and Minimally Invasive Glaucoma Surgery or Cataract Surgery Alone in Glaucoma Patients. *Journal of clinical medicine*, 12(9), 3279. <https://doi.org/10.3390/jcm12093279>
74. Ye, Z., Li, Z., & He, S. (2017). A Meta-Analysis Comparing Postoperative Complications and Outcomes of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery versus Conventional Phacoemulsification for Cataract. *Journal of ophthalmology*, 2017, 3849152. <https://doi.org/10.1155/2017/3849152>
75. Day, A. C., Gore, D. M., Bunce, C., & Evans, J. R. (2016). Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 7(7), CD010735. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010735.pub2>
76. Roark, M. W., & Stringham, J. M. (2019). Visual Performance in the "Real World": Contrast Sensitivity, Visual Acuity, and Effects of Macular Carotenoids. *Molecular nutrition & food research*, 63(15), e1801053. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801053>
77. Saeedi, O. J., Chang, L. Y., Ong, S. R., Karim, S. A., Abraham, D. S., Rosenthal, G. L., Hammer, A., Spagnolo, B. V., & Betancourt, A. E. (2019). Comparison of cumulative dispersed energy (CDE) in femtosecond laser-assisted cataract surgery (FLACS) and conventional phacoemulsification. *International ophthalmology*, 39(8), 1761–1766. <https://doi.org/10.1007/s10792-018-0996-x>

78. Sabur, H., Eroglu, S. A., & Azarsiz, S. S. (2022). Efficacy of Balanced Torsional Phacoemulsification Tip for Cataract Surgery. *Journal of current ophthalmology*, 34(1), 74–79. https://doi.org/10.4103/joco.joco_105_21
79. Malik, P. K., Dewan, T., Patidar, A. K., & Sain, E. (2017). Effect of IOP based infusion system with and without balanced phaco tip on cumulative dissipated energy and estimated fluid usage in comparison to gravity fed infusion in torsional phacoemulsification. *Eye and vision (London, England)*, 4, 22. <https://doi.org/10.1186/s40662-017-0087-5>
80. Garcin, T., Grivet, D., Thuret, G., & Gain, P. (2020). Using Optical Quality Analysis System for predicting surgical parameters in age-related cataract patients. *PloS one*, 15(10), e0240350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240350>
81. Gower, E. W., Lindsley, K., Tulenko, S. E., Nanji, A. A., Leyngold, I., & McDonnell, P. J. (2017). Perioperative antibiotics for prevention of acute endophthalmitis after cataract surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2(2), CD006364. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006364.pub3>
82. Brar, S., Vanga, H. R., Shah, M. L., & Ganesh, S. (2023). A prospective, randomized, comparative clinical study to compare the safety and efficacy of different hydrophobic aspheric monofocal intraocular lenses. *Indian journal of ophthalmology*, 71(3), 771–778. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1073_22
83. Poyales, F., Garzón, N., Rico, L., Zhou, Y., Millán, M. S., & Vega, F. (2023). Comparison of visual performance between two aspheric monofocal intraocular lens models. *Clinical & experimental optometry*, 106(1), 29–35. <https://doi.org/10.1080/08164622.2021.2009737>
84. Малачкова Н. В. (2020). Клінічний досвід використання N-ацетилкарнозину у пацієнтів із віковою катарактою / Н. В. Малачкова, Є. Л. Прус, К. М. Радьога // *Архів офтальмології України*. - 2020. - Т. 8, № 2. - С. 38-43. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aroftu_2020_8_2_8
85. Ganokratanaa, T., Ketcham, M., & Pramkeaw, P. (2023). Advancements in Cataract Detection: The Systematic Development of LeNet-Convolutional Neural Network Models. *Journal of imaging*, 9(10), 197. <https://doi.org/10.3390/jimaging9100197>

86. Adhikari, P., Carter, D. D., Feigl, B., & Zele, A. J. (2022). Design and validation of a chart-based measure of the limits of spatial contrast sensitivity. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 42(1), 110–122. <https://doi.org/10.1111/opo.12914>
87. Zéboulon, P., Panthier, C., Rouger, H., Bijon, J., Ghazal, W., & Gatinel, D. (2022). Development and validation of a pixel wise deep learning model to detect cataract on swept-source optical coherence tomography images. *Journal of optometry*, 15 Suppl 1(Suppl 1), S43–S49. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2022.08.003>
88. Mackenbrock, L. H. B., Baur, I. D., Łabuz, G., Auffarth, G. U., & Khoramnia, R. (2023). Impact of Phacoemulsification Parameters on Central Retinal Thickness Change Following Cataract Surgery. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(17), 2856. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13172856>
89. Duan, L., Dang, G., Ge, J., Gao, Y., & Wang, L. (2023). Visual function assessment of Chinese cataract patients after individual aspheric intraocular lens implantation according to preoperative cornea spherical aberration. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 31(3), 831–839. <https://doi.org/10.3233/THC-220154>
90. Thakur, A., Adiga, S., Malhotra, C., Sachdeva, K., Singh, S., & Jain, A. K. (2024). Effect of decentration on the quality of vision in two aspheric posterior chamber intraocular lenses: A contralateral eye study. *Indian journal of ophthalmology*, 10.4103/IJO.IJO_1639_23. Advance online publication. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_1639_23
91. Liu, Y., Zhao, J., Hu, Y., Li, B., Wang, J., & Zhang, J. (2021). Comparison of the Visual Performance after Implantation of Three Aberration-correcting Aspherical Intraocular Lens. *Current eye research*, 46(3), 333–340. <https://doi.org/10.1080/02713683.2020.1798467>
92. Gower, E. W., Lindsley, K., Tulenko, S. E., Nanji, A. A., Leyngold, I., & McDonnell, P. J. (2017). Perioperative antibiotics for prevention of acute endophthalmitis after cataract surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2(2), CD006364. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006364.pub3>

93. Sun, Y. X., Cao, R., Liu, Z. Y., Xia, H. Q., Cen, Y. J., Gao, L., & Shi, D. D. (2022). Comparisons of the energy efficiency and intraocular safety of two torsional phacoemulsification tips. *BMC ophthalmology*, 22(1), 392. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02619-0>
94. Goto, S., & Maeda, N. (2021). Corneal Topography for Intraocular Lens Selection in Refractive Cataract Surgery. *Ophthalmology*, 128(11), e142–e152. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2020.11.016>
95. Кочугур І. (2024). Вплив імплантації сферичних та асферичних інтраокулярних лінз на функціональні показники зору. *Український науково-медицинський молодіжний журнал*, 149(3), 122-127. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.3\(149\).2024.122-127](https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(149).2024.122-127)
96. Кочугур І., Жабоедов Д. (2024). Особливості контрастної чутливості у пацієнтів з віковою катарактою. *Український науково-медицинський молодіжний журнал*, 150(4), 80-88. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.4\(150\).2024.80-88](https://doi.org/10.32345/USMYJ.4(150).2024.80-88)
97. Жабоедов Д.Г., Кочугур І.В. (2024). Прогностична модель підвищення якості зору після факоемульсифікації катаракти. *Архів офтальмології України*, 12(3), 149-155. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.12.3.2024.385>
98. Dhungel, D., & Stevenson, S. B. (2022). Spatial-temporal contrast sensitivity of the eye alignment reflex. *Scientific reports*, 12(1), 19480. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23753-1>
99. Venkataraman, A. P., Papadogiannis, P., Romashchenko, D., Winter, S., Unsbo, P., & Lundström, L. (2019). Peripheral resolution and contrast sensitivity: effects of monochromatic and chromatic aberrations. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision*, 36(4), B52–B57. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.36.000B52>
100. Rementería-Capelo, L. A., Contreras, I., García-Pérez, J. L., Blázquez, V., & Ruiz-Alcocer, J. (2022). Visual performance and impact of residual refractive errors with trifocal intraocular lenses of different aspheric design. *European journal of ophthalmology*, 11206721221144928. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/11206721221144928>

101. Paz Filgueira, C., Sánchez, R. F., Issolio, L. A., & Colombo, E. M. (2016). Straylight and Visual Quality on Early Nuclear and Posterior Subcapsular Cataracts. *Current eye research*, 41(9), 1209–1215. <https://doi.org/10.3109/02713683.2015.1101139>
102. Стебловська І. С. (2017). Макулярний набряк і особливості його перебігу після різних методик хірургічного лікування вікової катаракти / І. С. Стебловська // Вісник проблем біології і медицини. - 2017. - Вип. 4(1). - С. 262-266. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpbm_2017_4\(1\)_54/](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpbm_2017_4(1)_54/)
103. Jin, C., Chen, X., Law, A., Kang, Y., Wang, X., Xu, W., & Yao, K. (2017). Different-sized incisions for phacoemulsification in age-related cataract. *The Cochrane database of systematic reviews*, 9(9), CD010510. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010510.pub2>
104. Мельник, В. О. (2017). Дослідження оптичної густини внутрішньоочної рідини у пацієнтів з катарактою та первинною відкритокутовою глаукомою за допомогою спектроскопії. *Офтальмологічний журнал*, (6), 11-15. <https://www.ozhurnal.com/sites/default/files/2017-6-3ru.pdf>
105. Денисюк О. Ю. (2020). Дисертація. Оптимізація діагностики розвитку та прогресування вікової макулярної дегенерації після хірургічного лікування катаракти. Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика МОЗ України, Київ, 2020. 174 с.
106. Wan, Y., Wang, Y., Zhao, L., Wang, Z., Sun, M., Chen, D., Yang, Y., Xu, Y., Lv, S., Yu, Y., Li, X., Jiang, A., & Chen, Z. (2020). The Association between Socioeconomic Factors and Visual Function among Patients with Age-Related Cataracts. *Journal of ophthalmology*, 2020, 7236214. <https://doi.org/10.1155/2020/7236214>
107. Манічева, Н. В. (2020). Від пресбіопії до катаракти: критичний огляд синдрому дисфункціональних лінз / Н. В. Манічева, В. П. Таранін // Фізика та медицина у сучасному житті : матеріали VI Всеукр. наук.-техн. конф., Україна, м. Одеса, 13-15 трав. 2020 р. / Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2020. - С. 123-127.

108. Стебловська, І. С., & Безкоровайна, І. М. (2019). Зміни та динаміка інтраопераційних та післяопераційних ускладнень після різних методів хірургічного лікування катаракти. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії, 19(2), 74-77.
109. Поліщук О., Козяр В. (2021). Аналіз мультифокальності об'ємозамінної інтраокулярної лінзи. Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2021), 109-111
110. Juthani, V. V., Clearfield, E., & Chuck, R. S. (2017). Non-steroidal anti-inflammatory drugs versus corticosteroids for controlling inflammation after uncomplicated cataract surgery. The Cochrane database of systematic reviews, 7(7), CD010516. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010516.pub2>
111. Greve, D., Bertelmann, E., Pilger, D., & von Sonnleithner, C. (2021). Visual outcome and optical quality of a wavefront-engineered extended depth-of-focus intraocular lens. Journal of cataract and refractive surgery, 47(9), 1139–1146. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000604>
112. Lake, J. C., Victor, G., Clare, G., Porfirio, G. J., Kernohan, A., & Evans, J. R. (2019). Toric intraocular lens versus limbal relaxing incisions for corneal astigmatism after phacoemulsification. The Cochrane database of systematic reviews, 12(12), CD012801. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012801.pub2>
113. Чиж І. Г. (2017). Апаратне забезпечення біометрії ока при хірургії катаракти / І. Г. Чиж, Я. В. Копилов, В. Є. Миронович // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2017. - № 3. - С. 165-171. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2017_3_34
114. Blancafort Alias, S., Del Campo Carrasco, Z., Salvador-Miras, I., Luna Mariné, S., Gómez Prieto, M. J., Liñán Martín, F., & Salvà Casanovas, A. (2022). Exploring Vision-Related Quality of Life: A Qualitative Study Comparing Patients' Experience of Cataract Surgery with a Standard Monofocal IOL and an Enhanced Monofocal IOL. Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.), 16, 1641–1652. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S358386>

115. de Wit G. C. (2023). Display Characterization for Contrast Sensitivity Testing. Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry, 100(4), 271–275. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000002009>
116. Наконечна, Л. В., & Панько, В. В. (2021). Основні симптоми катаракти та її профілактика. Збірники наукових праць професорсько-викладацького складу ДОНУ імені Василя Стуса., 247-248.
117. Завгородня Н. Г., Безденежна О. О., Костровська К. О., Дорошенко Ю. Ю. (2019). Порівняльна характеристика якості зору після факоемульсифікації катаракти при імплантації різних видів мультифокальних ІОЛ // Рефракційний пленер`19 : наук.-практ. конф. з міжнар. участю 17-19 жовтня 2019 р. - Київ, 2019. - С. 36-38.
118. Lipson, M. J., Boland, B., & McAlinden, C. (2022). Vision-related quality of life with myopia management: A review. Contact lens & anterior eye : the journal of the British Contact Lens Association, 45(3), 101538. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2021.101538>
119. Purola, P., Koskinen, S., & Uusitalo, H. (2023). Impact of vision on generic health-related quality of life - A systematic review. Acta ophthalmologica, 101(7), 717–728. <https://doi.org/10.1111/aos.15676>
120. Jaafar, J., Siti-Khadijah, A. R., Shaharudin, B., & Azhany, Y. (2021). Distance vision, near vision and quality of life between preferred emmetropia and residual myopia in monofocal intraocular lens implantation- A Comparative study. The Medical journal of Malaysia, 76(3), 340–345.
121. Mencucci, R., Stefanini, S., Favuzza, E., Cennamo, M., De Vitto, C., & Mossello, E. (2023). Beyond vision: Cataract and health status in old age, a narrative review. Frontiers in medicine, 10, 1110383. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1110383>
122. Gali, H. E., Sella, R., & Afshari, N. A. (2019). Cataract grading systems: a review of past and present. Current opinion in ophthalmology, 30(1), 13–18. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000542>

123. Поліщук О.С. (2021). Метод зменшення поздовжньої сферичної аберації інтраокулярних лінз. II International Scientific and Practical Conference «SCIENTIFIC PRACTICE: MODERN AND CLASSICAL RESEARCH METHODS», Boston, USA, October 15, 2021, P. 83-84. DOI: 10.36074/logos-15.10.2021.22
124. Риков С. О. Дослідження функціональних та клінічних змін на очах хворих на катаракту із синдромом мілкої передньої камери після комбінованої операції задньої мікровітректомії та факоемульсифікації катаракти / С. О. Риков, Н. С. Лаврик, І. А. Шулежко, Ю. М. Гуржий, Р. С. Коритнюк // Архів офтальмології України. - 2018. - Т. 6, № 1. - С. 75-81. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aroft_2018_6_1_14
125. Bozorgian, A., Pedersen, M., & Thomas, J. B. (2022). Modification and evaluation of the peripheral contrast sensitivity function models. Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision, 39(9), 1650–1658. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.445234>
126. Ashraf, M., Mantiuk, R. K., Chapiro, A., & Wuerger, S. (2024). castleCSF - A contrast sensitivity function of color, area, spatiotemporal frequency, luminance and eccentricity. Journal of vision, 24(4), 5. <https://doi.org/10.1167/jov.24.4.5>
127. Yoshizaki, M., Ramke, J., Zhang, J. H., Aghaji, A., Furtado, J. M., Burn, H., Gichuhi, S., Dean, W. H., Congdon, N., Burton, M. J., & Buchan, J. (2021). How can we improve the quality of cataract services for all? A global scoping review. Clinical & experimental ophthalmology, 49(7), 672–685. <https://doi.org/10.1111/ceo.13976>
128. Pedrotti, E., Bonacci, E., Kilian, R., Pagnacco, C., Anastasi, M., Ventura, M., & Marchini, G. (2023). Quality of vision and outcomes after bilateral implantation of pseudo-non diffracting beam IOL. Frontiers in medicine, 10, 1085280. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1085280>
129. Риков С. О. (2018). Дослідження морфологічних змін на очах хворих на катаракту з синдромом мілкої передньої камери / С. О. Риков, Н. С. Лаврик, І. А. Шулежко, Ю. М. Гуржий // Вісник проблем біології і медицини. - 2018. - Вип. 3. - С. 163-167. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpbm_2018_3_36

130. Марчук О. В, Ластівка О. І. (2019). Сучасні уявлення про катаракту: механізми розвитку, принципи ведення пацієнтів. Південноукраїнський медичний науковий журнал. 2019. № 22. С. 31-33.
131. Shaheen, M. S., AbouSamra, A., Helaly, H. A., Said, A., & Elmassry, A. (2020). Comparison between refractive outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery and standard phacoemulsification. *BMC ophthalmology*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1277-9>
132. Liu, X., Shao, Y., Lin, H., Liu, C., Shen, J., Zhang, L., & Bi, Y. (2023). Corneal densitometry: an innovative method to quantitatively evaluate corneal changes after phacovitrectomy. *BMC ophthalmology*, 23(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-02818-3>
133. Bi, H., Abrham, Y., Butler, P. D., Hu, B., & Keane, B. P. (2023). When do contrast sensitivity deficits (or enhancements) depend on spatial frequency? Two ways to avoid spurious interactions. *The European journal of neuroscience*, 57(2), 351–359. <https://doi.org/10.1111/ejn.15887>
134. Tan, Y., Liu, L., Li, J., Qin, Y., Sun, A., & Wu, M. (2022). Effect of cataract surgery on vision-related quality of life among cataract patients with high myopia: a prospective, case-control observational study. *Eye (London, England)*, 36(8), 1583–1589. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01697-6>
135. Essig, P., Sauer, Y., & Wahl, S. (2021). Contrast Sensitivity Testing in Healthy and Blurred Vision Conditions Using a Novel Optokinetic Nystagmus Live-Detection Method. *Translational vision science & technology*, 10(12), 12. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.12.12>
136. Vivas-Mateos, G., Boswell, S., Livingstone, I. A. T., Delafield-Butt, J., & Giardini, M. E. (2020). Screen and Virtual Reality-Based Testing of Contrast Sensitivity. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference*, 2020, 6054–6057. <https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175595>

137. Stalin, A., & Dalton, K. (2020). Relationship of Contrast Sensitivity Measured Using Quick Contrast Sensitivity Function With Other Visual Functions in a Low Vision Population. *Investigative ophthalmology & visual science*, 61(6), 21. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.6.21>
138. Fernandes, T. P., de Almeida, N. L., Butler, P. D., & Santos, N. A. (2019). Spatial contrast sensitivity: effects of reliability, test-retest repeatability and sample size using the Metropsis software. *Eye (London, England)*, 33(10), 1649–1657. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0477-0>
139. Varadaraj, V., Assi, L., Gajwani, P., Wahl, M., David, J., Swenor, B. K., & Ehrlich, J. R. (2021). Evaluation of Tablet-Based Tests of Visual Acuity and Contrast Sensitivity in Older Adults. *Ophthalmic epidemiology*, 28(4), 293–300. <https://doi.org/10.1080/09286586.2020.1846758>
140. Jain, S., Chauhan, A., Rajshekar, K., Vashist, P., Gupta, P., Mathur, U., Gupta, N., Gupta, V., Dutta, P., & Gauba, V. K. (2020). Generic and vision related quality of life associated with different types of cataract surgeries and different types of intraocular lens implantation. *PloS one*, 15(10), e0240036. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240036>
141. Fernández, J., Rodríguez-Vallejo, M., Martínez, J., Burguera, N., & Piñero, D. P. (2019). Prediction of Visual Acuity and Contrast Sensitivity From Optical Simulations With Multifocal Intraocular Lenses. *Journal of refractive surgery (Thorofare, N.J. : 1995)*, 35(12), 789–795. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20191024-01>
142. Hammond, B. R., Jr, Leathers, T. A., Wooten, B. R., & Renzi-Hammond, L. M. (2023). Contrast sensitivity functions measured using simple optics and computer testing. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 43(4), 898–904. <https://doi.org/10.1111/opo.13141>
143. Zemon, V., Butler, P. D., Legatt, M. E., & Gordon, J. (2023). The spatial contrast sensitivity function and its neurophysiological bases. *Vision research*, 210, 108266. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2023.108266>

144. Lipsky, L., Qureshi, H. M., Friling, R., Gatton, D. D., Rabina, G., & Dotan, G. (2019). The effect of reduced contrast sensitivity on colour vision testing. *Eye* (London, England), 33(7), 1068–1072. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0361-y>
145. Wuerger, S., Ashraf, M., Kim, M., Martinovic, J., Pérez-Ortiz, M., & Mantiuk, R. K. (2020). Spatio-chromatic contrast sensitivity under mesopic and photopic light levels. *Journal of vision*, 20(4), 23. <https://doi.org/10.1167/jov.20.4.23>
146. Roark, M. W., & Stringham, J. M. (2019). Visual Performance in the "Real World": Contrast Sensitivity, Visual Acuity, and Effects of Macular Carotenoids. *Molecular nutrition & food research*, 63(15), e1801053. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801053>
147. Zhuang, X., Tran, T., Jin, D., Philip, R., & Wu, C. (2021). Aging effects on contrast sensitivity in visual pathways: A pilot study on flicker adaptation. *PloS one*, 16(12), e0261927. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261927>
148. Li, X., Lin, J., Chen, Z., Jin, G., & Zheng, D. (2021). The Impact of Cataract Surgery on Vision-Related Quality of Life and Psychological Distress in Monocular Patients. *Journal of ophthalmology*, 2021, 4694577. <https://doi.org/10.1155/2021/4694577>
149. Makabe, K., Oshika, T., Inamura, M., Hayashi, K., Sugita, G., Kozawa, T., & Fujishima, K. (2020). Influence of cataract surgery for the first or second eye on vision-related quality of life (VR-QOL) and the predictive factors of VR-QOL improvement. *Japanese journal of ophthalmology*, 64(5), 468–477. <https://doi.org/10.1007/s10384-020-00762-z>
150. Gangaputra, S., Newcomb, C., Armour, R., Choi, D., Ying, G. S., Groth, S., Begum, H., Fitzgerald, T., Artornsombudh, P., Daniel, E., Bhatt, N., Foster, S., Jabs, D., Levy-Clarke, G., Nussenblatt, R., Rosenbaum, J. T., Sen, H. N., Suhler, E., Thorne, J., Dreger, K., ... Systemic Immunosuppressive Therapy for Eye Diseases (SITE) Research Group (2024). Long-term visual acuity outcomes following cataract surgery in eyes with ocular inflammatory disease. *The British journal of ophthalmology*, 108(3), 380–385. <https://doi.org/10.1136/bjo-2022-322236>

151. Li, Y., Guo, C., Huang, C., Jing, L., Huang, Y., Zhou, R., Qiu, K., & Zhang, M. (2021). Development and Evaluation of the Prognostic Nomogram to Predict Refractive Error in Patients With Primary Angle-Closure Glaucoma Who Underwent Cataract Surgery Combined With Goniosynechialysis. *Frontiers in medicine*, 8, 749903. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.749903>
152. Ma, J., Wong, B. M., Micieli, J. A., Calafati, J., Low, S., El-Defrawy, S., & Hatch, W. (2020). Vision to improve: quality improvement in ophthalmology. *Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie*, 55(2), 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jcjo.2019.07.020>
153. Mencucci, R., Favuzza, E., & Ribeiro, F. (2023). Editorial: Addressing the unmet needs of cataract patients: when quality of vision can make the difference in quality of life. *Frontiers in medicine*, 10, 1232243. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1232243>

ДОДАТОК А

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

1. Кочугур І. Вплив імплантації сферичних та асферичних інтраокулярних лінз на функціональні показники зору. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024; 149(3), 122-127. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.3\(149\).2024.122-127](https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(149).2024.122-127) *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, сформульовано висновки).*
2. Кочугур І., Жабоедов Д. Особливості контрастної чутливості у пацієнтів з віковою катарактою. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2024; 150(4), 80-88. [https://doi.org/10.32345/USMYJ.4\(150\).2024.80-88](https://doi.org/10.32345/USMYJ.4(150).2024.80-88) *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, спільно зі співавтором сформульовано висновки).*
3. Жабоедов Д.Г., Кочугур І.В. Прогностична модель підвищення якості зору після факоемультсифікації катаракти. Архів офтальмології України. 2024; 12(3), 149-155. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.12.3.2024.385> *(Автором зібрано матеріал, проаналізовано літературні джерела, статистично оброблено отримані результати, спільно зі співавтором сформульовано висновки).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Кочугур І.В. Ефективність персоналізованого підбору інтраокулярних лінз. Тези: Сателітний симпозіум “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору; 2022 Черв. 10. Український науково-медичний молодіжний журнал. 2022; 130(2), 45. <https://doi.org/10.32345/USMYJ.SUPPLEMENT.2.2022>

5. Кочугур І.В. Перспективи відновлення контрастної чутливості після імплантації інтраокулярних лінз. Доповідь: Семінар “Актуальні питання сучасної офтальмології”. 2023 Жовт. 4., Київ.
6. Kochuhur I., Zhaboiedov D. The effect of implantation of spherical and aspherical intraocular lenses on functional visual parameters. Тези: Сателітний симпозиум “Спеціальні питання діагностики та лікування захворювань ЛОР-органів, краніофасціальної ділянки та органу зору; 2024; 1(1), 58.
<https://doi.org/10.32345/SUPPLEMENT.1.2024>
7. Жабоедов Д.Г., Кочугур І.В. Фактори впливу на якість зору. Доповідь: Семінар “Сучасні підходи до діагностики, лікування та профілактики захворювань органу зору”. 2024 Жовт. 2., Київ.
8. Кочугур І.В. Оцінка впливу стану макули на прогнозування зорових результатів після факоемульсифікації катаракти. Доповідь: Рефракційний пленер’24. 2024 Лист. 1-2., Київ.
9. Жабоедов Д.Г., Кочугур І.В. Вплив оптичного дизайну інтраокулярних лінз на якість зору в умовах низького освітлення. Доповідь: VI Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія”. 2024 Лист. 7-8., Київ.
10. Кочугур І.В. Вплив факоемульсифікації на ранніх стадіях на якість життя пацієнтів. Доповідь та тези: VII Міжнародна науково-практична конференція “Практична офтальмологія. Медичні та екологічні проблеми сучасності. Новітні досягнення офтальмохірургії. IV Шевальовські читання”. 2025 Лют. 21-23, Київ. 2022; 40-42.