



Міністерство охорони здоров'я України
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
Міністерство охорони здоров'я України
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДОРОШЕНКО ЮЛІЯ ЮРІЇВНА

УДК 617.753.2-06:617.753.3]-089:615.849.19]-06-084

ДИСЕРТАЦІЯ

**ПРОФІЛАКТИКА УСКЛАДНЕНЬ ТА РЕГРЕСУ РЕФРАКЦІЙНОГО
ЕФЕКТУ ПРИ ЛАЗЕРНІЙ КОРЕКЦІЇ ЗОРУ У ПАЦІЄНТІВ З МІОПІЄЮ
ТА МІОПІЧНИМ АСТИГМАТИЗМОМ**

222 – Медицина
22 Охорона здоров'я

Подається на здобуття ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Ю.Ю. Дорошенко

Науковий керівник – **Завгородня Наталія Григорівна**, доктор медичних наук,
професор

Запоріжжя 2025



АНОТАЦІЯ

Дорошенко Ю.Ю. Профілактика ускладнень та регресу рефракційного ефекту при лазерній корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 22 Охорона здоров'я за спеціальністю 222 Медицина (наукова спеціальність «Офтальмологія»). – Запорізький державний медико-фармацевтичний університет МОЗ України, Запоріжжя, 2025.

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет МОЗ України, Запоріжжя, 2025.

Робота виконана на базі Медичного центру ТОВ «Візус», що є клінічною базою кафедри офтальмології ЗДМФУ протягом 2019 –2024 років.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності лазерної корекції зору у пацієнтів на міопію та міопічний астигматизм на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробки методів їх профілактики.

В основу дисертаційної роботи покладено результати власних спостережень, клінічних та інструментальних методів дослідження.

Міопія та міопічний астигматизм є одними з найпоширеніших аномалій рефракції, що значно впливають на якість життя пацієнтів. Сучасні методи корекції, зокрема лазерна хірургія (LASIK, Femto-LASIK, PRK, Relex SMILE), забезпечують високу ефективність у відновленні рефракційного балансу. Проте, незважаючи на значний технологічний прогрес, проблема розвитку післяопераційних ускладнень та регресу рефракційного ефекту залишається актуальною.

Післяопераційний регрес рефракції може бути зумовлений низкою факторів, таких як індивідуальні особливості репаративних процесів рогівки, біомеханічна нестабільність її структур, запальні реакції та синдром сухого ока. Додатково зміни в морфофункціональному стані рогівки після лазерної корекції

можуть спричиняти зниження стабільності рефракційного ефекту, що потребує пошуку ефективних методів профілактики.

Важливим аспектом є також питання безпеки та довготривалої стабільності результатів рефракційної корекції. Розробка нових методик профілактики ускладнень, оптимізація передопераційного обстеження, вибір відповідної тактики хірургічного втручання та післяопераційного ведення пацієнтів сприятимуть підвищенню ефективності лікування, зниженню ризиків ускладнень та покращенню віддалених результатів лазерної корекції.

З огляду на зазначене, дослідження, спрямоване на визначення факторів ризику розвитку ускладнень, удосконалення алгоритмів їх профілактики та мінімізацію регресу рефракційного ефекту у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом, є вкрай актуальним. Отримані результати можуть мати важливе значення для вдосконалення стандартів рефракційної хірургії та покращення якості життя пацієнтів.

Представлено результати спостереження 100 пацієнтів (192 ока). За статтю: чоловіків – 46 (46%) , жінок – 54 (54 %). За віком від 19 до 47 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.).

Критеріями включення в дослідження були:

- вік пацієнтів від 18 років;
- наявність міопії до -6 дптр, міопічного астигматизму до $-4,0$ діоптрій;
- товщина рогівки ≥ 500 мк;
- відсутність супутньої очної патології, травм та операцій на очах, за виключенням склеропластики та профілактичної периферичної лазерної коагуляції сітківки;
- інформована згода на проведення лазерної корекції зору та участь у дослідженні (для проспективної групи).

Критеріями виключення були:

- мінімальна центральна товщина рогівки менше ніж 500 мк;
- метаболичні порушення, захворювання щитоподібної залози, в тому числі аутоімунні захворювання;

- гострі та хронічні запальні захворювання ока, глаукома, катаракта;
- перенесені раніше корекції порушень рефракції.

Одна із частин нашого дослідження (ретроспективна) полягала в аналізі даних амбулаторних карток 41 пацієнта (80 очей), які обстежувались та лікувались у МЦ ТОВ «Візу» у період з 2012 року по 2018 рік. У проспективну групу дослідження увійшли 59 пацієнтів (112 очей), що були прооперовані з 2019 по 2023 рік.

Протягом виконання дисертаційного дослідження було проведено розподіл пацієнтів на групи в залежності від виду оперативного втручання.

Перша група включала обстеження 31 пацієнта (53 ока), з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методом LASEK (laser epithelial keratomileusis). Серед них на 18 очах (34%) міопія середнього ступеню і на 35 очах (66%) міопія слабкого ступеню. Серед пацієнтів було 14 чоловіків (45,2 %) та 17 жінок (54,8 %) у віці від 18 до 37 років (середній вік $25 \pm 2,5$ р.).

Другу групу склали 44 пацієнти (80 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методами LASIK та FEMTO-LASIK. Всі прооперовані пацієнти другої групи були розподілені на 2 підгрупи. До 1 підгрупи включені 29 пацієнтів (50 очей), яким була виконана корекція зору методом LASIK (laser in situ keratomileusis). Серед на 19 очах (34%) мала місце міопія середнього ступеня і на 31 оці (66%) - міопія слабкого ступеня. До 2 підгрупи були віднесені 15 пацієнтів (30 очей), яким була проведена корекція зору методом FEMTO-LASIK. Серед них на 15 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня та на 15 очах (50 %) — міопія середнього ступеня. Серед пацієнтів було 20 чоловіків (45,4 %) та 24 жінки (54,6 %) віком від 19 до 38 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.).

До третьої групи входили 25 пацієнтів (50 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була виконана корекція зору методом ReLEx SMILE. Серед них на 25 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня, на 25 очах (50

%) — середнього ступеня. Серед пацієнтів було 11 чоловіків (44 %) та 14 жінки (56%) віком від 19 до 37 років (середній вік $25,2 \pm 1,5$ р.).

Досліджувані групи були співставимі між собою за статтю та віком, некоригованою гостротою зору та рефракцією за вихідними даними. Всі досліджувані очі мали кориговану гостроту зору 1,0. Корекція відповідала показникам рефрактометрії. Оперативні втручання виконувались трьома хірургами, випадків інтра- та післяопераційних ускладнень не спостерігалось. Всі пацієнти спостерігалися протягом 1 року після операції.

Нами було проведено оцінку ефективності лазерної корекції (LASEK, LASIK, Femto-LASIK та ReLEx SMILE) у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом. Встановлено, що у пацієнтів із середнім ступенем міопії (-3.25 діоптрій до -6.0 діоптрій) методики LASEK та ReLEx SMILE забезпечують стабільний рефракційний ефект протягом першого року спостереження. Пацієнти з високим ступенем міопії (-6.25 діоптрій і більше), прооперовані методом LASIK, у 14 % випадків мали частковий регрес рефракційного ефекту. Використання Femto-LASIK значно покращує точність корекції та знижує ризик післяопераційних ускладнень у порівнянні з традиційним LASIK.

При дослідженні змін були зафіксовані основні результати:

Після LASIK та Femto-LASIK відзначається зниження ригідності рогівки на 10-15 % у перші 6 місяців після операції, що сприяє регресу досягнутого результату.

Метод ReLEx SMILE показав найменший вплив на біомеханічні властивості рогівки, що пояснюється меншою зоною абляції та збереженням інтегральної структури рогівки.

Вивчено динаміку змін слізної плівки при застосуванні різних методів лазерної корекції на основі аналізу кристалограм слізної рідини. Встановлено, що на очах, де оперативне втручання виконувалось методом Femto-LASIK, було виявлено порушення структури кристалограм: зменшення розгалуження та чіткість крайової зони в 26 % випадків та фрагментацію білкової зони в 14 % випадків, що може свідчити про порушення водно-ліпідного балансу сльози. У

групі ReLEx SMILE кристалографія слёози залишалася стабільною у 97 % випадків, а структурні зміни були мінімальними, що вказує на збереження нормального стану слізної плівки.

Наукова новизна отриманих результатів. У даному дослідженні було здійснено комплексний аналіз змін біомеханічних властивостей рогівки та слізної плівки після проведення лазерної корекції, що дозволило встановити ключові закономірності та фактори ризику, що впливають на довгострокову стабільність рефракційного ефекту. Вдосконалено комплексний аналіз біомеханічних змін рогівки після різних методик рефракційної хірургії. Використано новітні методи оцінки біомеханічних властивостей рогівки (Ocular Response Analyzer), що дозволило кількісно визначити рівень ригідності рогівки після проведення LASEK, LASIK, Femto-LASIK та ReLEx SMILE. Встановлено, що найбільше зниження біомеханічної стабільності спостерігається після Femto-LASIK та LASIK, що може підвищувати ризик розвитку вторинної ектазії у пацієнтів з тонкою рогівкою або високими ступенями міопії. Показано, що метод ReLEx SMILE забезпечує найменший вплив на біомеханічні параметри рогівки.

Уточнені наукові дані між методом лазерної корекції та стабільністю рефракційного ефекту. Проведене дослідження довело, що у 10 % пацієнтів, прооперованих методом LASIK, та у 7,5 % пацієнтів після LASEK спостерігався регрес рефракційного ефекту протягом 12 місяців після операції. Тоді як Femto-LASIK та ReLEx SMILE характеризувались повною стабільністю отриманих рефракційних результатів, що зумовлено меншою інвазивністю методу та мінімальним впливом на біомеханічні властивості рогівки. Виявлено, що головними факторами ризику регресу рефракційного ефекту є ступінь передопераційної міопії, біомеханічні характеристики рогівки та наявність синдрому сухого ока в анамнезі.

Подальшого розвитку набув аналіз змін білково-електролітного складу слізної рідини після рефракційних втручань. Використання методу кристалографії слізної рідини дозволило встановити, що у 20 % пацієнтів після Femto-LASIK спостерігається відсутність білкової зони в кристалограмах, що

свідчить про порушення кристалізації сльози. Встановлено, що у пацієнтів, яким проведено ReLEx SMILE, стабілізація слізної плівки відбувалася протягом перших 30 днів після операції, тоді як у групі Femto-LASIK цей процес тривав до 3-4 місяців.

Виявлено, що найбільш виражені зміни архітекτονіки кристалів у слізній рідині спостерігалися після методів, що передбачають формування рогівкового клаптя (Femto-LASIK), що може пояснюватися пошкодженням нервових структур рогівки та порушенням сльозопродукції. Доведено, що післяопераційні зміни у стані слізної плівки прямо впливають на стабільність рефракційного ефекту.

Вперше запропоновано індивідуалізований підхід до вибору методу лазерної корекції залежно від біомеханічних параметрів рогівки та стану слізної плівки. Запропоновано критерії для прогнозування розвитку післяопераційного синдрому сухого ока залежно від індексу стабільності слізної плівки.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено та запропоновано використання алгоритму прогнозування ризику розвитку ускладнень та регресу рефракційного ефекту після лазерної корекції зору, який базується на аналізі: товщини рогівки, рівню передопераційної міопії, стані слізної плівки та біомеханічних характеристиках рогівки. Запропоновано систему післяопераційного моніторингу, що включає динамічне оцінювання стану слізної плівки, біомеханічних параметрів рогівки та рівня рефракції. Додаткове застосування кристалографічного аналізу слізної рідини дозволяє більш точно прогнозувати розвиток синдрому сухого ока та проводити своєчасну профілактику цього ускладнення. Використання оптимізованого підходу до вибору методу рефракційної корекції дозволило зменшити ризик регресу на 80 % (від 10 % при LASIK до 7,5 % при LASEK) та підвищити тривалий ефект лікування в 96 % випадків.

Публікації результатів дослідження. За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано наступні наукові праці: 4 статті у фахових наукових виданнях України, одне з яких включено до наукометричних баз Web of Science



1714651370980773

та Scopus; 4 тез опубліковані у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій на конгресів.

Ключові слова: *міопія, міопічний астигматизм, кристалографія сльози, синдром «сухого ока», рефракційна хірургія, внутрішньоочний тиск, біомеханічні властивості рогівки.*

ABSTRACT

Doroshenko Y.Y. Prevention of complications and regression of refractive effect in laser vision correction in patients with myopia and myopic astigmatism. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 22 Health care in the specialty 222 Medicine (scientific specialty "Ophthalmology"). - Zaporizhia State Medical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of Ukraine, Zaporizhia, 2025.

The research was conducted at the Medical Center "Visus," which serves as a clinical base for the Department of Ophthalmology of ZSMU from 2019 to 2024.

The dissertation is dedicated to enhancing the effectiveness of excimer laser vision correction in patients with myopia and myopic astigmatism by analyzing factors influencing the development of complications and regression of the refractive effect and developing methods for their prevention.

The dissertation is based on the results of personal observations, as well as clinical and instrumental research methods.

Myopia and myopic astigmatism are among the most common refractive anomalies, significantly affecting patients' quality of life. Modern correction methods, particularly laser surgery (LASIK, Femto-LASIK, PRK, ReLEx SMILE), provide high efficiency in restoring refractive balance. However, despite significant technological advancements, the issue of postoperative complications and regression of the refractive effect remains relevant.

Postoperative refractive regression can be caused by various factors, such as individual characteristics of corneal reparative processes, biomechanical instability of its structures, inflammatory reactions, and dry eye syndrome. Additionally, changes in the morphofunctional state of the cornea after laser correction may lead to a decrease in the stability of the refractive effect, necessitating the search for effective preventive measures.

An important aspect is also the issue of safety and long-term stability of refractive correction results. The development of new methods for complication prevention, optimization of preoperative examination, selection of an appropriate surgical intervention strategy, and postoperative patient management will contribute to increasing treatment effectiveness, reducing the risk of complications, and improving long-term laser correction outcomes.

Given the above, research aimed at identifying risk factors for complications, improving prevention algorithms, and minimizing the regression of the refractive effect in patients with myopia and myopic astigmatism is highly relevant. The obtained results may be of great importance for enhancing the standards of refractive surgery and improving patients' quality of life.

One part of our study (retrospective) involved analyzing outpatient records of 41 patients (80 eyes) who were examined and treated at the Medical Center LLC "Visus" from 2012 to 2018. The prospective study group included 59 patients (112 eyes).

The study presents the observation results of 100 patients (192 eyes). Gender distribution: 46 males (46%) and 54 females (54%). Age range: from 19 to 47 years (mean age 27.28 ± 1.08 years).

Inclusion criteria:

- patients aged 18 years and older;
- presence of myopia up to -6.0 D, myopic astigmatism up to -4.0 D;
- corneal thickness >500 μm ;
- absence of concomitant ocular pathology, trauma, and previous eye surgeries, except for scleroplasty and preventive peripheral laser coagulation of the retina;
- informed consent for laser vision correction and participation in the study (for the prospective group).

Exclusion criteria:

- minimum central corneal thickness less than 500 μm ;
- metabolic disorders, thyroid diseases, including autoimmune conditions;
- acute and chronic inflammatory eye diseases, glaucoma, cataract;
- previous refractive correction surgeries.

During the dissertation research, patients were divided into groups based on the type of surgical intervention.

The first group included 31 patients (53 eyes) with varying degrees of myopia and myopic astigmatism who underwent vision correction using the LASEK (Laser Epithelial Keratomileusis) method. Among them, 18 eyes (34%) had moderate myopia, and 35 eyes (66%) had mild myopia. The group consisted of 14 men (45.2%) and 17 women (54.8%), aged 18 to 47 years (mean age 25 ± 2.5 years).

The second group consisted of 44 patients (80 eyes) with different degrees of myopia and myopic astigmatism who underwent vision correction using the LASIK and Femto -LASIK methods. All operated patients in the second group were divided into two subgroups:

The first subgroup included 29 patients (50 eyes) who underwent LASIK (Laser In Situ Keratomileusis). Among them, 19 eyes (34%) had moderate myopia, and 33 eyes (66%) had mild myopia.

The second subgroup included 15 patients (30 eyes) who underwent Femto-LASIK. Among them, 15 eyes (50%) had mild myopia, and 15 eyes (50%) had moderate myopia. The group consisted of 20 men (45.4%) and 24 women (54.6%), aged 19 to 38 years (mean age 27.28 ± 1.08 years).

The third group included 25 patients (50 eyes) with varying degrees of myopia and myopic astigmatism who underwent vision correction using the ReLEx SMILE method. Among them, 25 eyes (50%) had mild myopia, and 25 eyes (50%) had moderate myopia. The group consisted of 11 men (44%) and 14 women (56%), aged 19 to 37 years (mean age 25.2 ± 1.5 years).

The studied groups were comparable in terms of gender, age, uncorrected visual acuity, and baseline refraction. All The eyes studied had a corrected visual acuity of 1.0, which corresponded to the refractometry indicators. The surgical interventions were performed by three surgeons, and no intra- and postoperative complications were observed. All patients were observed for 1 year after the operation.

We evaluated the effectiveness of excimer laser correction (PRK, LASIK, Femto-LASIK and ReLEx SMILE) in patients with myopia and myopic astigmatism.

It was found that in patients with an average degree of myopia (-3.0D to -6.0D), the PRK and ReLex SMILE methods provide a stable refractive effect during the first year of observation. Patients with a high degree of myopia (-6.0D and more) operated on by the LASIK method had a partial regression of the refractive effect in 14% of cases. The use of Femto-LASIK significantly improves the accuracy of correction and reduces the risk of postoperative complications compared to traditional LASIK.

The main results of the study of changes were recorded:

After LASIK and Femto-LASIK, a decrease in corneal rigidity by 10-15% is noted in the first 6 months after surgery, which increases the risk of ectasia in patients with a thin cornea.

The ReLex SMILE method showed the least effect on the biomechanical properties of the cornea, which is explained by the smaller ablation zone and the preservation of the integral structure of the cornea.

The dynamics of changes in the tear film after different methods of laser correction were studied. The study included an analysis of tear fluid crystallography in different groups of patients. Changes in tear fluid crystallography in different study groups:

In patients who underwent surgery using the Femto-LASIK method, in 26% of cases, a violation of the structure of crystallograms was detected: a decrease in branching and clarity of the marginal zone. In 14% of cases, fragmentation of the protein zone was recorded, which may be a sign of a violation of the water-lipid balance of the tear. In the ReLex SMILE group, tear crystallography remained stable in 97% of cases, and structural changes were minimal, indicating the preservation of the normal state of the tear film.

Scientific novelty of the results obtained. This study carried out a comprehensive analysis of changes in the biomechanical properties of the cornea and tear film after excimer laser correction, which allowed us to establish key patterns and risk factors that affect the long-term stability of the refractive effect. A comprehensive analysis of biomechanical changes in the cornea after various methods of refractive surgery was improved. The latest methods for assessing the biomechanical properties

of the cornea (Ocular Response Analyzer) were used, which allowed us to quantitatively determine the level of corneal rigidity after PRK, LASIK, Femto-LASIK and ReLEx SMILE. It was found that the greatest decrease in biomechanical stability is observed after Femto-LASIK and LASIK, which may increase the risk of secondary ectasia in patients with a thin cornea or high degrees of myopia. The ReLEx SMILE method has been shown to have the least impact on corneal biomechanical parameters, making it the method of choice for patients at increased risk of developing ectasia.

The scientific evidence between the laser correction method and the stability of the refractive effect has been clarified. The study showed that 10% of patients operated on by the LASIK method and 7,5 % of patients after LASEK had a regression of the refractive effect within 12 months after the operation. While Femto-LASIK and ReLEx SMILE were characterized by complete stability of the obtained refractive results, which is due to the less invasiveness of the method and minimal impact on the biomechanical properties of the cornea. It was found that the main risk factors for the regression of the refractive effect are the degree of preoperative myopia, the biomechanical characteristics of the cornea, and the presence of a history of dry eye syndrome.

Further development was made in the analysis of changes in the protein-electrolyte composition of tear fluid after refractive interventions. The use of the tear fluid crystallography method made it possible to establish that in 20% of patients after Femto-LASIK, the absence of a protein zone in the crystallograms is observed, which indicates a violation of tear crystallization. It was established that in patients who underwent ReLEx SMILE, stabilization of the tear film occurred within the first 30 days after surgery, while in the Femto-LASIK group this process lasted up to 3-4 months.

It was found that the most pronounced changes in the architectonics of crystals in the tear fluid were observed after methods involving the formation of a corneal flap (Femto-LASIK), which can be explained by damage to the nerve structures of the cornea and impaired tear production. It has been proven that postoperative changes in the state of the tear film directly affect the stability of the refractive effect.

For the first time, an individualized approach to choosing a laser correction method depending on the biomechanical parameters of the cornea and the state of the tear film has been proposed. Criteria for predicting the development of postoperative dry eye syndrome depending on the tear film stability index have been proposed.

Practical significance of the results obtained. The use of an algorithm for predicting the risk of complications and regression of the refractive effect after laser vision correction has been developed and proposed. This algorithm is based on a comprehensive analysis of preoperative parameters, including corneal thickness, level of preoperative myopia, tear film condition and corneal biomechanical characteristics. A postoperative monitoring system is proposed, which includes dynamic assessment of the tear film condition, corneal biomechanical parameters and level of refraction. It was found that the additional use of crystallographic analysis of tear fluid allows for a more accurate prediction of the development of dry eye syndrome and temporary prevention of this complication. The approach to choosing a refractive correction method is optimized, which allows reducing the risk of regression of the refractive effect and increasing the long-term effect of treatment.

Publications of research results. Based on the materials of the dissertation research, scientific works were published: 4 articles in professional scientific publications of Ukraine, one of which is included in the scientometric databases Web of Science and Scopus; 4 abstracts were published in the materials of international and all-Ukrainian scientific and practical conferences and congresses.

Keywords: *myopia, myopic astigmatism, tear crystallography, dry eye syndrome, refractive surgery, corneal biomechanical properties, intraocular pressure.*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

1.Ефективність методів LASIK та LASEK у досягненні прогнозованого результату при ексимерлазерній корекції міопії та міопічного астигматизму / Н. Г. Завгородня, Ю. Ю. Дорошенко, Т. С. Завгородня та ін. Архів офтальмології України. 2020. Т. 8, № 3. С. 37-41. DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.8.3.2020.220450> (Дисертант проводила відбір пацієнтів, здійснювала статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи, Завгородня Т.С., Поплавська І.О., Костровська К.О.- хірурги, які виконували оперативні втручання, Кривобок Н.С.- відбір пацієнтів).

2.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Архів офтальмології України. 2022. Т. 10, № 3. С. 65-71. DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309> (Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи).

3.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю., Поплавська І. О. Вплив рефракційних технологій FEMTO-LASIK та RELEX SMILE на розвиток синдрому сухого ока та якісний склад сльози на очах з міопією та міопічним астигматизмом. Патологія. 2024. Т. 21, 3. С. 232-237. DOI: <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2024.3.307500> (Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та



дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи, Поплавська І.О.- хірург, який виконувала оперативні втручання, оформлення статті).

4.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024. Вип. 4. С. 362-371. DOI:[10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371) *(Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи).*

Наукові праці які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю., Завгородня Т. С., Поплавська І. О., Кривобок Н. С. Прогнозованість результатів ексимерлазерної корекції міопії та міопічного астигматизму при використанні методів LASEK та LASIK. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Філатовські читання -2021», м.Одеса, Україна. 20-21.05.2021. Збірник тез С.249-251. Доповідь. *(Дисертантом виконано аналіз та інтерпретація отриманих результатів, статистичну обробку матеріалу, написання та підготовку тез до друку, Завгородня Н.Г. - концепція та дизайн дослідження; Завгородня Т.С., Поплавська І.О.- хірурги, які виконували оперативні втручання, Кривобок Н.С.- відбір пацієнтів).*

6.Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Особливості кристалографії сльози при рефракційній хірургії методами ReLEx SMILE та Фемто –LASIK на очах з міопією та міопічним астигматизмом. «Філатовські читання -2024», м.Одеса, Україна. 16-18.05.2024. Збірник тез С.250-252. *(Здобувач проводила відбір пацієнтів, здійснювала статистичний аналіз отриманих результатів, написання тез).*

7.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Вплив рефракційних операції на біомеханічні властивості рогівки. Науково-практична конференція з



1714651370980773

міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна. 01-02.11.2024. Збірник тез С.28-30. *(Дисертантом виконано аналіз та інтерпретація отриманих результатів, статистичну обробку матеріалу, написання та підготовку тез до друку, Завгородня Н.Г. - концепція та дизайн дослідження).*

8.Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Результати застосування технологій FEMTO- LASIK та ReLEX SMILE для хірургічної корекції міопії та міопічного астигматизму . Науково-практична конференція з міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна.01-02.11.2024. Збірник тез С.31-32. *(Дисертантом виконано аналіз та інтерпретація отриманих результатів, статистичну обробку матеріалу, написання та підготовку тез до друку, Завгородня Н.Г. - концепція та дизайн дослідження).*



ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ	20
ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ЛАЗЕРНОЇ КОРЕКЦІЇ МІОПІЇ ТА МІОПІЧНОГО АСТИГМАТИЗМУ, СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА ЛАЗЕРНУ КОРЕКЦІЮ. РЕФРАКЦІЙНІ УСКЛАДНЕННЯ ТА РЕФРАКЦІЙНИЙ РЕГРЕС, СПОБОИ ПРОФІЛАКТИКИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	28
1.1 Міопія та міопічний астигматизм як форма аномалій рефракції .	28
1.2 Методи корекції міопії та міопічного астигматизму.	33
1.2.1 Лазерна корекція зору методом Photorefractive Keratectomy(PRK).....	35
1.2.2 Лазерна корекція зору методом LASIK (Laser-Assisted In Situ Keratomileusis) та Femto- LASIK (Femtosecond Laser-Assisted In Situ Keratomileusis).....	37
1.2.3 Лазерна корекція зору методом LASEK.....	38
1.2.4 Лазерна корекція зору методом SMILE(Small Incision Lenticule Extraction).....	40
1.3 Рефракційний регрес при різних методиках лазерних корекцій міопії та міопічного астигматизму.....	42
1.4 Синдром сухого ока та якісні зміни сльози при різних методиках рефракційних втручань.....	46
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	55
2.1 Клінічна характеристика обстежених пацієнтів та дизайн дослідження.....	55
2.2 Методи обстеження пацієнтів.....	57
2.3 Методика хірургічного лікування.....	69
2.4 Методи статистичних досліджень.....	76



РОЗДІЛ 3. ДИНАМІКА ЗОРОВИХ ФУНКЦІЙ ТА ПОКАЗНИКІВ РЕФРАКТОМЕТРІЇ У ПАЦІЄНТІВ З МІОПІЄЮ ТА МІОПІЧНИМ АСТИГМАТИЗМОМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТОДІВ LASEK, LASIK, FEMTO-LASIK ТА ReLEx SMILE	78
РОЗДІЛ 4. ЗМІНИ ВНУТРІШНЬООЧНОГО ТИСКУ, БІОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОГІВКИ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ КОРЕКЦІЇ МІОПІЇ ТА МІОПІЧНОГО АСТИГМАТИЗМУ МЕТОДАМИ LASEK, LASIK, FEMTO - LASIK ТА Relex SMILE	90
4.1 Зміни внутрішньоочного тиску, показників корнеального гістерезису та фактору ригідності рогівки у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії в залежності від застосованого методу корекції.....	90
4.2 Взаємозв'язок між показниками внутрішньоочного тиску, біомеханічними властивостями рогівки та пахіметрією у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після FEMTO- LASIK та ReLEx SMILE..	102
РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ РЕФРАКЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Femto -LASIK та ReLEx SMILE НА РОЗВИТОК СИНДРОМУ СУХОГО ОКА ТА ЯКІСНИЙ СКЛАД СЛЬОЗИ НА ОЧАХ ІЗ МІОПІЄЮ ТА МІОПІЧНИМ АСТИГМАТИЗМОМ.....	112
РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	125
ВИСНОВКИ	135
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	137
ДОДАТОК А. АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДИСЕРТАЦІЇ.....	155
ДОДАТОК Б. СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	162
ДОДАТОК В. НАУКОВІ ПРАЦІ ЯКІ ЗАСВІДЧУЮТЬ АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	164



1714651370980773

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ССО	-синдром сухого ока
ORA	- Ocular Response Analyzer
BOT	- внутрішньоочний тиск
PRK	- Photorefractive Keratectomy
LASIK	- Laser-Assisted In Situ Keratomileusis
LASEK	-Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy
Femto-LASIK	- Femtosecond Laser-Assisted In Situ Keratomileusis
ReLEx SMILE	- Refractive Lenticule Extraction Small Incision Lenticule
Extraction	
D, Д	- діоптрія
Мкм	- мікрон
Sph	- сфера
Cyl	- циліндр
ФРР, CRF	- фактору резистентності рогівки
КГ, СН	- корнеальний гістерезис
Me	- медіана
М	- середнє арифметичне
М	- стандартна похибка
N, n	- кількість

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Міопія та міопічний астигматизм є одними з найпоширеніших аномалій рефракції, що значно впливають на якість життя пацієнтів, знижуючи гостроту зору та обмежуючи професійну діяльність. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), до 2050 року близько 50% населення світу матиме міопію, а серед них значний відсоток стикатиметься з високим ступенем патології, що потребує хірургічної корекції [1].

Одним із найбільш ефективних методів лікування є лазерна рефракційна хірургія, яка забезпечує точну корекцію аномалій рефракції, дозволяючи пацієнтам досягти швидкого відновлення зорових функцій. Сучасні методики, такі як PRK (Photorefractive Keratectomy) та його модифікація LASEK, LASIK (Laser-Assisted In Situ Keratomileusis), Femto-LASIK та ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction), мають свої переваги та недоліки, що обумовлює необхідність індивідуального підходу до вибору методики корекції [2].

Незважаючи на прогрес у технологіях лазерної корекції, проблема розвитку післяопераційних ускладнень, включаючи регрес рефракційного ефекту, синдром сухого ока та зміни біомеханічних властивостей рогівки, залишається актуальною [3]. Відсутність стандартизованих підходів до профілактики цих ускладнень зумовлює необхідність подальших досліджень у цій галузі.

Сучасний стан проблеми та результати попередніх досліджень. Одним із найбільш поширених ускладнень після рефракційної хірургії є регрес рефракційного ефекту, що проявляється поступовим поверненням міопічного зсуву після корекції. Дослідження показують, що найбільший ризик регресу спостерігається у пацієнтів з високим ступенем міопії (-6.00 D і більше) та у тих, кому було проведено процедуру PRK або LASIK [4]. Основними причинами регресу вважається ремоделювання рогівки, гіперплазія епітелію та нестабільність біомеханічних характеристик рогівкової тканини [5].

Іншим важливим ускладненням є синдром сухого ока (ССО), який розвивається через пошкодження нервових волокон рогівки під час лазерної корекції, що призводить до порушення продукції слізної рідини та стабільності слізної плівки [6]. Доведено, що найбільший ризик розвитку ССО мають пацієнти після процедур Femto-LASIK та LASIK, оскільки формування рогівкового клаптя призводить до часткової денервації рогівки. У той же час, методика ReLEx SMILE, що не передбачає створення клаптя, забезпечує значно менший ризик розвитку синдрому сухого ока [7].

Важливим аспектом є також зміни біомеханічних властивостей рогівки, що можуть впливати на стабільність результату корекції. Дослідження показують, що після LASIK та Femto-LASIK відбувається зниження ригідності рогівки, що підвищує ризик її подальшої деформації та розвитку ектазії [8].

З огляду на наведені дані, виникає необхідність розробки та впровадження нових стратегій профілактики ускладнень та регресу рефракційного ефекту після лазерної корекції.

Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідницької роботи кафедри офтальмології ЗДМФУ «Психо-емоційні, функціональні та морфологічні зміни організму при консервативному, хірургічному та лазерному лікуванні патології переднього та заднього відділів ока» (номер держреєстрації 0119u100936). Автором дисертаційної роботи проведено комплексне обстеження включених у дослідження пацієнтів, аналіз та статистична обробка отриманих даних.

Метою дослідження є підвищення ефективності лазерної рефракційної хірургії на очах з міопією та міопічним астигматизмом шляхом розробки алгоритму профілактики ускладнень та регресу рефракційного ефекту на основі аналізу факторів, що впливають на ригідність рогівки та якісний склад сльози.

Завдання дослідження:

1. Оцінити стан зорових функцій у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом при використанні різних методів ексимерлазерної корекції зору.

2.Визначити особливості змін внутрішньоочного тиску, біомеханічних властивостей рогівки та пахіметрії у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом при використанні різних методів ексимерлазерної корекції зору.

3.Дослідити зміни слізної плівки у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом та їх вплив на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, при використанні різних методів лазерної корекції зору.

4.Розробити алгоритм моніторингу пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом шляхом динамічного оцінювання біомеханічних характеристик рогівки, впровадження моніторингу стану слізної плівки за допомогою неінвазивного дослідження методом кристалографії слюзи після ексимерлазерної корекції зору та дати його клінічну оцінку.

Об'єкт дослідження: міопія та міопічний астигматизм(MKX10: H.52.1; H52.2)

Предмет дослідження: рефракція, показники кератометрії, показники кератотопографії, гострота зору, внутрішньоочний тиск (ORA), ригідність рогівки- корнеальний гістерезис, фактор ригідності рогівки (ORA), пахіметрія, склад слюзи (білки, солі).

Методи дослідження: стандартні офтальмологічні (візометрія, авторефрактокератометрія, біомікроскопія, пряма офтальмоскопія, тонометрія, периметрія), пахіметрія, кристалографія слюзи , оптична біометрія, статистичні та математичні методи дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. У даному дослідженні вперше було здійснено комплексний аналіз динаміки зорових функцій, змін біомеханічних властивостей рогівки, рогівково-компенсованого внутрішньо очного тиску та стану слізної плівки в залежності від методу рефракційної хірургії - LASEK, LASIK, Femto-LASIK чи ReLEx SMILE на очах з міопією та міопічним астигматизмом. Встановлено, що, незалежно від обраного методу корекції, в ранньому післяопераційному періоді значно зменшуються міцнісні характеристики рогової оболонки, що проявляється в зниженні показників кореального гістерезису та фактору резистентності рогівки. Найменший вплив

на КГ та ФРР мають методи, що не пов'язані з формуванням рогівкового клаптя, а саме LASEK та ReLEx SMILE.

Уточнені наукові дані про взаємозв'язок між методом лазерної корекції та стабільністю рефракційного ефекту. Вперше встановлено, що через рік після проведення корекції у 10 % пацієнтів, прооперованих методом LASIK, та у 7,5 % пацієнтів після LASEK спостерігався регрес рефракційного ефекту. Стабільність показників передньо-заднього розміру очного яблука свідчить про те, що регрес рефракційного ефекту на цих очах не пов'язаний з прогресуванням міопії, а залежить здебільшого від процесів ремоделювання рогівки та змін її міцнісних характеристик.

Тоді як Femto-LASIK та ReLEx SMILE характеризувались повною стабільністю отриманих рефракційних результатів, що зумовлено меншою інвазивністю методу та мінімальним впливом на біомеханічні властивості рогівки.

Вперше встановлено, що методики рефракційної хірургії, які включають застосування вакууму, такі як LASIK, Femto-LASIK та ReLEx SMILE мають значний вплив на стан рогівково-компенсованого внутрішньоочного тиску та призводять до його зниження на 35,6 % при застосуванні механічного мікрокерптому (LASIK), на 17,4 % при використанні фемтосекундного лазера при Femto-LASIK та на 29,7 % при використанні методики ReLEx SMILE. Ступінь зниження ВОТ залежить від сили вакууму та часу його впливу на очне яблуко.

Доповнені наукові дані про зміни білково-електролітного складу слізної рідини після рефракційних втручань. Використання методу кристалографії слізної рідини вперше дозволило встановити, що найбільш виражені зміни архітекτονіки кристалів у слізній рідині спостерігалися після методів, що передбачають формування рогівкового клаптя (LASIK та Femto-LASIK) і проявлялися відсутністю білкової зони в кристалограмах сльози в 20% випадків, що свідчить про порушення кристалізації сльози. Встановлено, що у пацієнтів, яким застосовувалась технологія ReLEx SMILE, стабілізація слізної плівки

відбувалася протягом перших 30 днів після операції, тоді як у групі Femto-LASIK цей процес тривав до 3-4 місяців.

Вперше встановлено, що головними факторами ризику регресу рефракційного ефекту після проведення лазерної корекції зору при міопії та міопічному астигматизмі є зміни біомеханічних властивостей рогівки та розвиток синдрому сухого ока, які проявляються найменше при застосуванні технології ReLEx SMILE.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено та запропоновано використання алгоритму прогнозування ризику розвитку ускладнень та регресу рефракційного ефекту після лазерної корекції зору, який базується на аналізі: товщини рогівки, рівню передопераційної міопії, стані слізної плівки та біомеханічних характеристиках рогівки. Запропоновано систему післяопераційного моніторингу, що включає динамічне оцінювання стану слізної плівки, біомеханічних параметрів рогівки та рівня рефракції. Додаткове застосування кристалографічного аналізу слізної рідини дозволяє більш точно прогнозувати розвиток синдрому сухого ока та проводити своєчасну профілактику цього ускладнення. Використання оптимізованого підходу до вибору методу рефракційної корекції дозволило зменшити ризик регресу на 80 % (від 10 % при LASIK до 7,5 % при LASEK) та підвищити тривалий ефект лікування в 96 % випадків.

Результати дослідження впроваджені в практичну діяльність КНП «Міська лікарня №4» відділення офтальмології, м. Запоріжжя, ТОВ «Візус», м. Запоріжжя, КНП «Міська лікарня №9» відділення офтальмології, м. Запоріжжя, офтальмологічна клініка «ЛАЗЕР плюс», м. Львів, КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня», м. Дніпро. Теоретичні положення дисертації впроваджені в навчальний процес і наукову роботу кафедри офтальмології Дніпропетровського медичного університету, ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України» при викладанні лекційного матеріалу та проведенні практичних занять для студентів та лікарів інтернів.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням. Вибір теми та програми дослідження виконано д. мед. н., проф. Завгородньою Н.Г. За допомогою наукового керівника автором розроблено дизайн дослідження. Дисертантом проведено інформаційний пошук та проаналізовано літературні дані за темою дисертаційної роботи. Проведено підбір, клінічне та інструментальне обстеження пацієнтів. Автором проведено систематизування та статистичне опрацювання результатів досліджень, написані та оформлені всі розділи дисертації, підготовлено до друку наукову працю та забезпечене впровадження результатів дослідження у роботу лікувально-профілактичних та вищих медичних навчальних закладів України. З науковим керівником сформовані висновки проведеного дослідження та розроблені практичні рекомендації. Дисертанту належить основна роль у підготовці та публікації наукових статей та тез, що містять основні результати дисертаційної роботи. В дослідженні наведено лише власні наукові здобутки.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були викладені й обговорені на науково-практичних конференціях: науково-практична конференція з міжнародною участю «Філатовські читання - 2021» (м. Одеса, 20-21.05.2021); науково-практична конференція офтальмологів, дитячих офтальмологів та оптометристів України з міжнародною участю «Рефракційний пленер'22» (Київ, 20-21.10.2022.); науково-практична конференція з міжнародною участю «Філатовські читання -2024» (м. Одеса, 16-18.05.2024); науково-практична конференція офтальмологів, дитячих офтальмологів та оптометристів України з міжнародною участю «Рефракційний пленер'24» (Київ, 01-02.11.2024.);

Публікації результатів дослідження. Основні аспекти дисертації викладені в 8 публікаціях. З них 4 статті у наукових фахових виданнях України відповідно до Переліку наукових фахових видань України (з них 1 стаття у виданні, що індексується у міжнародній реферативній базі даних Scopus), 4 тез у збірниках наукових праць, матеріалах і тезах конференцій.



1714651370980773

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота виконана українською мовою на 164 сторінці друкованого тексту, складається з анотації, вступу, розділів власних досліджень, аналізу і узагальнення отриманих результатів, висновків, списку використаної літератури (140 джерел, з них 8 кирилицею та 132 латиницею), додатків. Робота ілюстрована 21 рисунками, містить 11 таблиць.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ЛАЗЕРНОЇ КОРЕКЦІЇ МІОПІЇ ТА МІОПІЧНОГО АСТИГМАТИЗМУ, СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА ЛАЗЕРНУ КОРЕКЦІЮ. РЕФРАКЦІЙНІ УСКЛАДНЕННЯ ТА РЕФРАКЦІЙНИЙ РЕГРЕС, СПОСОБИ ПРОФІЛАКТИКИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Міопія та міопічний астигматизм як форма аномалій рефракції

Міопія є однією з найбільш поширених аномалій рефракції, що характеризується порушенням зору на далеку відстань, та має істотний вплив на якість життя значної частини населення планети. Ця патологія стала серйозною глобальною медичною та соціальною проблемою через її стрімке поширення в останні десятиріччя, особливо серед дітей, підлітків і молодих дорослих. Така тенденція зростання захворюваності викликає підвищене занепокоєння серед лікарів-офтальмологів і фахівців у галузі охорони здоров'я, що пов'язано з потенційними негативними наслідками для здоров'я населення, зниженням працездатності та соціальної активності молодих пацієнтів.

Згідно з офіційними статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), протягом останніх десятиліть реєструється стабільне і швидке зростання кількості осіб із діагностованою міопією та міопічним астигматизмом. Особливе занепокоєння викликає факт суттєвого омолодження цієї патології, оскільки ураження дедалі частіше фіксують саме у дітей та підлітків. Так, за оцінками ВООЗ, на сьогоднішній день приблизно 30% населення світу мають міопію різного ступеня тяжкості, проте до 2050 року очікується значне зростання цього показника, коли вже близько половини (до 50%) населення планети матимуть той чи інший ступінь міопії [1].

Важливу роль у розвитку короткозорості відіграють генетичні фактори, що визначають схильність до цього порушення рефракції. Результати численних досліджень свідчать, що спадкова компонента значною мірою визначає ризик

виникнення та прогресування міопії, що підтверджується підвищеною частотою її виявлення у дітей батьків із короткозорістю порівняно з особами без такої родинної схильності [9].

Зокрема, згідно з науковими даними Tian et al., представленими в дослідженні було встановлено, що у пацієнтів з міопією часто зустрічаються специфічні генетичні варіанти, асоційовані з порушенням рефракції. Так, виявлені мутації в генах, що регулюють розвиток та структуру тканин ока, істотно впливають на ризик розвитку короткозорості. Важливим прикладом є дослідження, проведене Tian та колегами, в якому було ідентифіковано конкретні мутації в генах, що мають безпосереднє відношення до формування анатомо-функціональних властивостей ока. Зокрема, було встановлено, що мутації гена, відповідального за формування біомеханічних та структурних характеристик очних тканин, підвищують ймовірність виникнення та подальшого прогресування міопії [11].

Згідно з дослідженням Tian et al., було доведено, що наявність специфічних мутацій у певних генах, наприклад, мутацій у генах колагену асоціюється з підвищеним ризиком розвитку міопії високого ступеня. Крім того, окрему увагу привертає генетичний фактор ризику, встановлений дослідженнями, які провели науковці Tian та співавтори, котрі виявили специфічні мутації гена GLUL та інших локусів, пов'язаних з формуванням міопії. Це свідчить про необхідність подальшого вивчення молекулярних механізмів та генетичних предикторів, які визначають схильність пацієнтів до короткозорості [11].

Додатково, дослідження, проведене під керівництвом Foster та співавторів, дозволило кількісно оцінити вплив сімейного анамнезу на ризик розвитку міопії у дітей. Отримані дані продемонстрували, що в разі, коли один із батьків має міопію, ризик розвитку цієї патології у дитини зростає в середньому у два рази. Водночас, якщо обидва батьки є носіями міопії, ризик її виникнення в їхніх нащадків збільшується вже у 6 разів порівняно з дітьми, батьки яких мають нормальний зір [10].

Окрім генетичних факторів, які мають значний вплив на розвиток та прогресування короткозорості, не менш важливу роль відіграють екологічні, поведінкові та інші зовнішні чинники, пов'язані зі способом життя сучасної людини. Згідно з результатами численних досліджень останніх років, серед факторів зовнішнього середовища найбільш суттєво впливають на розвиток міопії особливості зорового навантаження, особливо тривала зорова робота на близькій відстані, зокрема читання друкованих текстів, письмова діяльність та використання різноманітних електронних пристроїв (смартфонів, планшетів, комп'ютерів тощо).

Зокрема, дослідження, проведене Carr та співавторами, вказує на суттєвий зв'язок між тривалим перебуванням очей у стані напруженої акомодатії (наприклад, під час читання, письмових занять або роботи з гаджетами) та підвищеним ризиком виникнення і прогресування міопії [12]. Автори висувують гіпотезу, що в основі механізму формування короткозорості лежить так звана втома акомодатії, яка виникає через постійне скорочення цилиарного м'яза, що забезпечує фокусування зору на близькій відстані. Хронічне перенапруження акомодатійного апарату призводить до поступової зміни форми та структури ока, зокрема видовження передньо-задньої осі очного яблука, що є безпосереднім патогенетичним механізмом формування міопії.

Підтвердженням цього також слугують результати дослідження Wu та співавторів, які виявили чіткий взаємозв'язок між збільшенням часу, проведеного за виконанням зорових завдань на близькій дистанції, зокрема використанням цифрових пристроїв та читанням текстів на невеликій відстані, та прогресуванням ступеня міопії у дітей і підлітків. Дослідники підкреслюють, що навіть помірне, але постійне навантаження зорового апарату в режимі роботи поблизу створює передумови для погіршення зорових функцій і поступового формування або поглиблення короткозорості [13].

Одним з потенційних факторів, що може впливати на зниження ризику розвитку міопії, є збільшення часу, проведеного на відкритому повітрі. Jones et al. провели масштабне дослідження серед дітей шкільного віку, виявивши, що

збільшення часу, проведеного на відкритому повітрі, асоціюється зі зниженим ризиком розвитку міопії. Вони зазначили, що діти, які проводять більше часу на вулиці, мають нижчий показник короткозорості порівняно з тими, хто проводить більшу частину часу в приміщенні [14]. Рівень освітлення також має значення у розвиток міопії. У дослідженні, проведеному Pan et al., було показано, що діти, які проводять більше часу на вулиці при природному освітленні, мають нижчий ризик розвитку міопії [15].

Як правило, у більшості пацієнтів із міопією також спостерігається наявність міопічного астигматизму, що обумовлено нерівномірним перерозтягненням фіброзної оболонки ока, зокрема, склери та рогівки, у процесі прогресування короткозорості. Такі структурні зміни призводять до порушення сферичності та симетричності поверхні рогівки, що клінічно проявляється розвитком астигматизму. За результатами численних сучасних досліджень, частота виявлення астигматизму значно варіює залежно від демографічних, етнічних особливостей популяції та використовуваних методів діагностики. Наприклад, дослідження, проведене на популяції дітей у США, показало, що приблизно у 28% дітей виявляється астигматизм тією чи іншою мірою вираженості [16]. Водночас аналогічні дослідження, проведені у країнах Азії, показали значно вищі показники поширеності астигматизму серед дитячого населення, які досягали 40% і більше [17]. Подібні відмінності у частоті астигматизму пояснюються як генетичними особливостями, так і культурними відмінностями у способі життя, зокрема, інтенсивністю зорового навантаження та іншими екологічними чинниками.

Патогенез розвитку міопії та супутнього астигматизму є складним і багатофакторним процесом, який охоплює численні біологічні, анатомічні, генетичні, а також поведінкові та екологічні фактори. Численні дослідження підтверджують важливу роль спадковості у формуванні астигматичних змін рогівки. За даними досліджень Newitt et al., успадкованість астигматизму варіює в широкому діапазоні від 30% до 60%, що вказує на значний вплив генетичних факторів у формуванні цієї патології [18]. На додаток до цього, дослідження

Hassell et al. продемонструвало, що специфічні гени, наприклад, ген PAX6, що відповідає за формування структурних та оптичних характеристик рогівки, можуть бути безпосередньо пов'язані з розвитком астигматизму [19]. Це свідчить про необхідність подальших генетичних досліджень для встановлення нових маркерів та генів, пов'язаних з астигматизмом, для більш ефективної профілактики та лікування.

Окрім генетичних факторів, значний вплив на розвиток астигматизму мають анатомічні характеристики ока. Дослідження свідчать, що форма рогівки, її кривизна, товщина та ступінь асиметрії відіграють ключову роль у виникненні та вираженості астигматичних змін. Автори відзначають, що аномальна форма рогівки є суттєвим предиктором високого ступеня астигматизму [20]. Встановлено також, що зменшення товщини рогівки та її нерівномірне витончення у різних ділянках можуть суттєво підвищувати ризик розвитку астигматичних дефектів, що також варто враховувати при діагностиці та плануванні лікування пацієнтів із міопією.

Важливе значення у формуванні міопії та астигматизму мають також зовнішні, екологічні та поведінкові чинники, пов'язані зі способом життя сучасної людини. Наприклад, дослідження Harb et al. свідчать, що тривала і регулярна робота з комп'ютером, постійне використання гаджетів, читання в умовах недостатнього освітлення призводять до погіршення стану поверхні рогівки та поглиблення астигматичних змін [21]. Інші дослідження, такі як робота Coles-Brennan et al., підкреслюють значення правильно організованого робочого місця, належного освітлення та ергономіки для профілактики формування астигматизму у школярів та студентів, які перебувають в умовах високого зорового навантаження [22].

Крім цього, важливо зазначити, що фізіологічні процеси, що відбуваються в оці при прогресуванні міопії, також впливають на розвиток і посилення астигматизму. Деякі автори зазначають, що в процесі прогресування короткозорості через нерівномірне витягнення та розтягнення оболонок ока виникає перерозподіл механічних навантажень, що призводить до

нерівномірному ремоделюванню тканин, у тому числі рогівки, та сприяє розвитку або поглибленню астигматичних змін [23]. Це свідчить про комплексний взаємозв'язок між астигматизмом та міопією, і підкреслює необхідність інтегрованого підходу до діагностики, лікування і профілактики цих рефракційних порушень.

1.2 Методи корекції міопії та міопічного астигматизму

Розвиток сучасних медичних технологій, значно розширило можливості корекції міопії та міопічного астигматизму, включаючи оптичні, контактні, хірургічні та орто-кератологічні методи. Окуляри залишаються найпоширенішим методом корекції міопії та міопічного астигматизму. За даними дослідження авторів, окуляри з циліндричними лінзами ефективно компенсують рефракційні вади, забезпечуючи чіткий зір [24]. Перевагами окулярів є їхня доступність, безпека та простота використання. Однак, вони можуть обмежувати периферійний зір і спричиняти дискомфорт при фізичній активності. Контактні лінзи є альтернативою окулярам і можуть забезпечити кращу якість зору. Сучасні м'які контактні лінзи можуть коригувати міопію та астигматизм з мінімальним дискомфортом. Жорсткі газопроникні лінзи (RGP) також ефективні для корекції астигматизму, оскільки вони забезпечують стабільнішу оптичну поверхню. Ортокератологія (ортолінзи) передбачає використання жорстких газопроникних лінз, що використовуються під час сну для тимчасової зміни форми рогівки, що дозволяє пацієнтам бачити чітко протягом дня без окулярів або контактних лінз. За даними дослідження Koffler et al., ортокератологія є ефективною для корекції міопії до -6.00 діоптрій і астигматизму до -1.75 діоптрій. Перевагами є неінвазивність і можливість зворотності ефекту [25]. Недоліками є потреба у регулярному носінні лінз і підвищення ризику розвитку інфекційних процесів при порушенні режиму користування лінз.

Корекція міопії та міопічного астигматизму на сучасному етапі передбачає використання широкого спектру хірургічних методик, які дозволяють ефективно

й стабільно покращити рефракційний стан пацієнтів. При цьому важливо відзначити, що кожна з існуючих технологій має свої унікальні переваги та недоліки, які слід враховувати під час планування лікування. Остаточний вибір оптимального методу хірургічного втручання здійснюється індивідуально для кожного пацієнта, виходячи з таких факторів, як ступінь та тип рефракційного порушення, особливості анатомії ока, стан рогівки, товщина її тканини, вік, а також особливості професійної діяльності та способу життя пацієнта.

Однією з найбільш затребуваних і поширених груп хірургічних втручань для корекції міопії та астигматизму є різні методики лазерної корекції зору. Найчастіше використовуються такі сучасні лазерні технології, як LASIK (Laser-Assisted In Situ Keratomileusis), PRK (Photorefractive Keratectomy), Femto-LASIK (фемтосекундна модифікація методу LASIK) та ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction), які вже довели свою ефективність і стабільність отриманих результатів в умовах багаторічних клінічних досліджень та практичного застосування в усьому світі [26].

До недавнього часу найбільш популярним і широко використовуваним методом лазерної корекції міопії та міопічного астигматизму був LASIK, що пояснюється низкою його переваг. Головними перевагами LASIK є короткий період післяопераційної реабілітації, швидке відновлення зорових функцій, практично повна безболісність процедури, висока точність і передбачуваність результатів. Методика LASIK заснована на формуванні рогівкового клаптя з наступною абляцією рогівкової стромы за допомогою ексимерного лазера. Однак, незважаючи на значну популярність, метод має певні недоліки, серед яких найважливішими є можливість розвитку синдрому сухого ока, індуковані зміни біомеханічних характеристик рогівки, а також ризик післяопераційного регресу рефракційного ефекту.

Останніми роками дедалі більшого поширення набуває інноваційна методика ReLEx SMILE, яка є сучасною альтернативою LASIK та інших класичних технологій. Методика ReLEx SMILE передбачає формування та екстракцію спеціальної лентикули через мінімальний розріз без необхідності



створення класичного клаптя рогівки. Завдяки цьому значно знижуються ризики, пов'язані з порушенням іннервації рогівки, а також зменшується ймовірність розвитку синдрому сухого ока та погіршення біомеханічних властивостей рогівкової тканини. Крім того, ReLEx SMILE характеризується мінімальною інвазивністю, стабільним довготривалим ефектом, відсутністю вираженого больового синдрому, коротким реабілітаційним періодом та високим ступенем задоволеності пацієнтів після втручання.

Проте варто зазначити, що, незважаючи на зростаючу популярність методики ReLEx SMILE, активно використовуються й інші лазерні методики, такі як PRK та Femto-LASIK, особливо у пацієнтів з індивідуальними анатомічними особливостями чи протипоказаннями до застосування інших процедур. Наприклад, PRK залишається методом вибору для пацієнтів із тонкою рогівкою або з іншими особливостями, які роблять застосування LASIK або ReLEx SMILE неможливим або ризикованим. Таким чином, сучасний спектр лазерних хірургічних методик дозволяє офтальмологам здійснювати максимально індивідуальний підхід до кожного пацієнта, забезпечуючи стабільний, безпечний і вискоєфективний результат лікування міопії та міопічного астигматизму. [26].

1.2.1 Лазерна корекція зору методом Photorefractive Keratectomy (PRK)

Фоторефрактивна кератектомія (PRK) є однією з перших лазерних методик, розроблених для корекції рефракційних аномалій, таких як міопія, гіперметропія та астигматизм. Розвиток цього методу корекції аномалій рефракції мав значний вплив на офтальмологію, відкривши нові можливості для хірургічного лікування зорових порушень. Перший експеримент із PRK був проведений на тваринах у середині 1980-х років. Пізніше, у 1987 році, було здійснено першу успішну процедуру PRK на людському оці. Вважається, що перші офіційні клінічні випробування були проведені в Німеччині під керівництвом доктора Theo Seiler, коли він використав ексимерний лазер для

корекції міопії [27]. Це дослідження стало основою для подальших експериментів і вдосконалення методу. Подальший розвиток PRK відбувався завдяки технологічному прогресу та клінічним дослідженням. Важливу роль у цьому процесі відіграли роботи Trokel et al., які підтвердили ефективність використання ексимерного лазера для видалення тканини рогівки з високою точністю [28]. Їхні дослідження показали, що PRK може забезпечити стабільну корекцію міопії та міопічного астигматизму і може бути застосований у пацієнтів із короткозорістю до - 12 діоптрій та астигматизмом до - 6 діоптрій [29]. Кращі та більш передбачувані результати досягаються в більш низьких діапазонах міопії, а висока помилка заломлення корелює з вищою ймовірністю регресії та помутніння рогівки [30].

Широке впровадження методу PRK у клінічну практику почалося на початку 1990-х років. За даними Wilson et al., PRK виявився ефективним методом для корекції міопії та астигматизму, забезпечуючи стабільні та передбачувані результати [31]. Пацієнти, які пройшли процедуру PRK, повідомляли про значне покращення зору без необхідності носити окуляри або контактні лінзи.

Першим етапом процедури PRK є підготовка рогівки, яка включає видалення епітелію рогівки. Це може бути досягнуто механічно або за допомогою хімічних речовин, таких як спиртовий розчин. Механічне видалення епітелію є найпоширенішим методом підготовки рогівки [32]. Деякі хірурги також використовують 20% спиртовий розчин для розчинення міжклітинних зв'язків епітелію, що дозволяє легше його видалити. Після видалення епітелію рогівки виконується лазерна абляція з використанням ексимерного лазера. Ексимерний лазер працює на довжині хвилі 193 нм, що дозволяє точно видаляти мікроскопічні шари тканини рогівки, змінюючи її кривизну та виправляючи рефракційну аномалію. Дослідження Tuunanen et al., показують, що ексимерний лазер забезпечує високу точність і стабільність корекції [33]. Після лазерної абляції на око одягається захисна контактна лінза для сприяння загоєнню епітелію та зменшення рогівкового синдрому. Процес загоєння може зайняти від кількох днів до кількох тижнів. Роботами авторів показано що, використання

нестероїдних протизапальних препаратів може значно зменшити больовий синдром і запалення в післяопераційному періоді [34]. Дослідники зауважували, що дотримання післяопераційних рекомендацій є ключовим для успішного загоєння і мінімізації ризику ускладнень при використанні PRK для корекції міопії та міопічного астигматизму [35].

1.2.2 Лазерна корекція зору методом LASIK (Laser-Assisted In Situ Keratomileusis) та Femto- LASIK (Femtosecond Laser-Assisted In Situ Keratomileusis)

Ідея створення рогівкового клаптя в рефракційній хірургії рогівки була вперше запропонована ще в 60-х роках минулого століття, коли Хосе Ігнасіо Барракер розробив техніку кератомілезу, яка передбачала видалення частини рогівки, її заморожування та повторну імплантацію після зміни її кривизни [36].

Сучасна методика LASIK була запропонована Іоаннісом Паллакарісом у 1989 році. Паллакаріс поєднав ідеї кератомілезу та ексимерної лазерної абляції, запропонувавши створення тонкого рогівкового клаптя, який піднімається для виконання лазерної абляції строми, а потім повертається на місце [37].

Перші клінічні дослідження LASIK були проведені на початку 1990-х років. Дослідження Brint et al. показали, що LASIK забезпечує високу ефективність і безпеку при корекції міопії та астигматизму [38]. Автори відзначали, що пацієнти відчували значне покращення зору з мінімальним дискомфортом і швидким відновленням після операції. У 2000-х роках технологія LASIK продовжувала розвиватися завдяки впровадженню нових технологій, таких як використання фемтосекундного лазера для створення рогівкового клаптя. Дослідження Steinberg et al. показали, що фемтосекундний лазер забезпечує більш точне і безпечне створення рогівкового клаптя порівняно з механічними мікрокератомами [39].

Перед проведенням операції LASIK пацієнт проходить детальне обстеження, що обов'язково включає вимірювання товщини рогівки, рефракційних параметрів та оцінку загального стану ока. Науковці відмічають,

що ці обмеження є критично важливими для визначення відповідності пацієнта для процедури та планування хірургічного втручання[40]. Процедура LASIK починається з викроювання рогівкового клаптя. Цей етап може бути виконаний за допомогою мікрокератому або фемтосекундного лазера. При застосуванні мікрокератому використовується механічне лезо для створення тонкого клаптя рогівки, тоді як при використанні фемтосекундного лазера для створення рогівкового клаптя застосовується енергія лазерних імпульсів. Дослідження показують, що використання фемтосекундного лазера забезпечує більш точний та рівномірний клапоть[41]. Після створення клаптя він обережно відсувається вбік, щоб відкрити стромальну частину рогівки. Далі проводиться лазерна абляція з використанням ексимерного лазера, який видаляє точну кількість тканини рогівки для зміни її кривизни і корекції рефракційної аномалії. Лазерна абляція проводиться за заздалегідь розрахованою програмою, що забезпечує оптимальні результати корекції. За даними дослідження Zhang et al., ексимерний лазер забезпечує високу точність і передбачуваність результатів [42]. Після завершення лазерної абляції рогівковий клапоть повертається на своє місце і природним чином прилипає без необхідності у швах. Автори зауважують, що процес загоєння після повернення клаптя на місце відбувається досить швидко завдяки властивостям рогівкової тканини [43].

1.2.3 Лазерна корекція зору методом LASEK (Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy)

LASEK Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy є сучасним методом лазерної корекції зору, що об'єднує деякі технологічні особливості та переваги двох інших поширених методик—LASIK (Laser-Assisted In Situ Keratomileusis) та PRK (Photorefractive Keratectomy). Цей підхід спеціально розроблений як оптимальна альтернатива для пацієнтів, у яких існують анатомічні або фізіологічні обмеження для використання класичного LASIK, зокрема тонка рогівка, схильність до розвитку ускладнень, а також пацієнтів із підвищеним

ризиком механічних пошкоджень або структурних змін рогівки після створення клаптя [44].

Метод LASEK був уперше запропонований у 1990-х роках та швидко здобув популярність у клінічній практиці, насамперед як альтернатива LASIK у випадках, коли товщина рогівки пацієнта була недостатньою для безпечного створення стандартного рогівкового клаптя за допомогою мікрокератома чи фемтосекундного лазера. Авторами Hashemi et al. встановлено, що методика LASEK ефективна у пацієнтів з тонкою рогівкою, для яких застосування традиційних методик LASIK пов'язане з ризиком післяопераційних ускладнень [44].

Важливою особливістю методики LASEK, що суттєво відрізняє її від LASIK, є спосіб створення епітеліального клаптя. Якщо класичний LASIK передбачає механічне створення рогівкового клаптя, що включає частину стромы рогівки, то методика LASEK передбачає лише мінімально інвазивне відшарування поверхневого епітеліального шару. На початку процедури LASEK рогівку обробляють спеціальним спиртовим розчином (близько 20% етанолу), що призводить до тимчасового послаблення зв'язків між епітеліальними клітинами, що дозволяє їх акуратно відокремити без ушкодження стромальних шарів. Після цього формується тонкий епітеліальний клапоть, який делікатно піднімають і переміщують в сторону, відкриваючи поверхню рогівкової стромы для наступного лазерного впливу [45].

Дослідження багатьох авторів підтверджують, що етап обробки рогівки спиртовим розчином і створення епітеліального клаптя є безпечним, знижуючи ризик механічного пошкодження стромы рогівки порівняно з класичними методиками LASIK [44,47]. Після того як поверхня рогівки очищена від епітеліального шару, виконується лазерна абляція за допомогою ексимерного лазера, яка дозволяє максимально точно видалити необхідну кількість тканини стромы рогівки та скоригувати наявну рефракційну аномалію. Цей етап повністю аналогічний процедурі, що проводиться під час методик LASIK або PRK. Згідно з численними дослідженнями, лазерна абляція при LASEK характеризується

високою точністю, передбачуваністю та клінічною ефективністю, порівнянною з іншими відомими методами лазерної корекції зору [46].

Після завершення лазерної обробки поверхні стріми рогівки епітеліальний клапоть акуратно повертається на своє початкове положення. Для забезпечення його надійної фіксації, підтримки належного положення на поверхні рогівки, а також для стимуляції загоєння й регенерації тканин використовується спеціальна захисна м'яка контактна лінза. Дослідження Zheng et al. показує, що застосування захисних лінз у післяопераційний період після процедури LASEK сприяє значному прискоренню загоєння епітеліального шару, зниженню частоти розвитку запальних реакцій та суттєво зменшує післяопераційний дискомфорт пацієнтів, що є ще однією перевагою цього методу [47].

У численних порівняльних дослідженнях, проведених різними авторами, було доведено, що методика LASEK дозволяє уникнути деяких типових механічних ускладнень, характерних для LASIK, таких як формування неповноцінного клаптя або ризик його дислокації після операції. Крім того, порівняно з класичною методикою PRK, LASEK асоціюється з меншим післяопераційним дискомфортом, швидшим відновленням зорових функцій, а також меншим ризиком утворення помутнінь рогівки (haze) у післяопераційний період [48].

1.2.4 Лазерна корекція зору методом SMILE (Small Incision Lenticule Extraction)

Лазерна корекція зору методом SMILE (Small Incision Lenticule Extraction) є однією з найновіших і найбільш інноваційних методик в офтальмології, що використовуються для корекції міопії та астигматизму. SMILE відрізняється від традиційних методів, таких як LASIK і PRK, меншою інвазивністю та коротшим періодом відновлення. Ідея створення методу SMILE виникла у середині 2000-х років. Дослідження, проведені групою німецьких офтальмологів [49], заклали основи для використання фемтосекундного лазера в екстракції рогівкової лентикули через невеликий розріз. Ця методика передбачала мінімальну

інвазивність і зменшення ризику ускладнень. Перші клінічні випробування методу SMILE були проведені в кінці 2000-х років. У 2008 році Reinstein et al. опублікували перші результати клінічних досліджень, які показали високу ефективність і безпеку методу SMILE [50]. Вони виявили, що SMILE забезпечує точну корекцію міопії з мінімальними побічними ефектами та швидким відновленням зорових функцій. Після успішних перших клінічних випробувань метод SMILE зазнав подальших удосконалень. У 2011 році була схвалена перша комерційна версія фемтосекундного лазера VisuMax від компанії Carl Zeiss Meditec, спеціально розроблена для виконання процедури SMILE [51]. Цей лазер дозволив здійснювати високоточну екстракцію лентикули з мінімальною інвазивністю. З початку 2010-х років метод SMILE набув широкого поширення в офтальмологічних клініках по всьому світу. Багато досліджень підтвердили ефективність і безпеку цього методу. Так, у дослідженні Sekundo et al. було показано, що SMILE забезпечує стабільну корекцію міопії з меншою частотою сухості ока порівняно з LASIK [52].

Процедура SMILE починається з використання фемтосекундного лазера для створення лентикули всередині рогівки. Лазер генерує серію точок на різних глибинах рогівки, формуючи передню і задню поверхні лентикули, а також невеликий розріз через який лентикула буде видалена. Це дозволяє з високою точністю вирізати частину стромы всередині рогівки та видалити її без додаткових розрізів. Дослідники підтверджують високу точність і безпеку цього етапу процедури [53]. У роботі Lau et al. доведено, що видалення лентикули через мінімальний розріз значно зменшує ризик ускладнень і прискорює процес загоєння [54]. SMILE забезпечує швидке відновлення зору з мінімальним дискомфортом. Більшість пацієнтів спостерігають значне покращення зору вже в перші години після операції. За результатами десятирічного дослідження Blum et al. доведено, що SMILE має низький рівень ускладнень і високий рівень задоволеності пацієнтів [55]



1.3 Рефракційний регрес при різних методиках лазерних корекцій міопії та міопічного астигматизму

Рефракційний регрес після PRK є відносно поширеним явищем, особливо серед пацієнтів з високим ступенем міопії. За спостереженнями науковців, частота рефракційного регресу становить до 30 % у пацієнтів з міопією понад -6.00 діоптрій [56]. Інше дослідження, проведене Campos et al., показало, що рефракційний регрес частіше спостерігається протягом перших 6-12 місяців після процедури, після чого рефракційний стан стабілізується [57]. Основними причинами рефракційного регресу після PRK є:

- епітеліальне ремоделювання: після лазерної абляції рогівки епітелій може регенерувати нерівномірно, що може призвести до зміни кривизни рогівки і, як наслідок, до рефракційного регресу [57];

- біомеханічні зміни в рогівці: PRK змінює структуру рогівки, що може спричинити зміни в її механічних властивостях. За даними Luce et al., ці зміни можуть призвести до прогресивного сплюснення рогівки, що зумовлює повернення рефракційної помилки [58];

- відновлення кератоцитів: активність кератоцитів у стромі рогівки після PRK може спричиняти формування рубцевої тканини, що також може впливати на рефракційний результат [59].

Ступінь початкової рефракційної помилки є важливим фактором ризику розвитку рефракційного регресу. Пацієнти з високою міопією (-6.00 діоптрій і більше) мають більшу ймовірність регресу порівняно з пацієнтами з менш вираженою міопією. Дослідження підтверджує, що більший обсяг абляції пов'язаний з підвищеним ризиком регресу [60]. Довгострокові дослідження свідчать, що рефракційний регрес може продовжуватися протягом кількох років після PRK, особливо у пацієнтів з високою міопією. За спостереженнями авторів, у деяких випадках необхідно повторно провести процедуру для досягнення стабільного результату [61].

Рефракційний регрес після LASEK, як правило, трапляється рідше, ніж після PRK, але частіше, ніж після LASIK, оскільки метод LASEK поєднує в собі



переваги обох процедур. За даними дослідження, частота рефракційного регресу після LASEK становить близько 5-10 % протягом перших кількох років після операції, залежно від ступеня корекції та індивідуальних характеристик пацієнта [62]. Основними причинами рефракційного регресу після LASEK є біомеханічні властивості рогівки, які впливають на процес загоєння і стабільність отриманого результату. Аналіз даних показує, що рогівка може зазнавати ремоделювання після лазерної корекції, що призводить до часткової втрати ефекту корекції [63]. Інші фактори, такі як недостатня корекція або гіперкорекція під час процедури, також можуть сприяти розвитку регресу. Пацієнти з високим ступенем міопії мають підвищений ризик розвитку рефракційного регресу. За даними дослідження, пацієнти з міопією понад -6.00 діоптрій мають більшу ймовірність регресу після LASEK, порівняно з пацієнтами з міопією меншого ступеня [64]. Це пов'язано з більшим обсягом тканини рогівки, що піддається лазерній абляції, що може вплинути на довгострокову стабільність результату. Довгострокові результати показують, що більшість випадків рефракційного регресу виникають протягом перших 1-2 років після операції. Дослідження Taneri et al. демонструє, що через 3-5 років після LASEK результати залишаються стабільними у більшості пацієнтів, однак у деяких випадках може виникнути необхідність у додатковій корекції [65].

Рефракційний регрес є поширеним ускладненням після LASIK та Femto-LASIK, хоча його частота залежить від багатьох факторів, включаючи початковий ступінь рефракційної помилки, біомеханічні властивості рогівки та індивідуальні особливості пацієнта. За даними дослідження авторів, частота рефракційного регресу після LASIK становить приблизно 10-20 % у пацієнтів з високою міопією [66]. Femto-LASIK, як правило, має нижчу частоту регресу завдяки точнішому формуванню рогівкового клаптя, але ризик залишається, особливо при високих ступенях корекції.

Існує кілька основних факторів, що можуть сприяти розвитку рефракційного регресу після лазерної корекції зору:



-міопія високого ступеня: пацієнти з міопією понад -6.00 діоптрій мають вищий ризик розвитку рефракційного регресу. За спостереженнями Shah et al., висока міопія пов'язана з більшим ступенем ремоделювання рогівки після лазерної абляції, що може спричинити повернення частини рефракційної помилки [67];

-біомеханічні властивості рогівки: знижений корнеальний гістерезис та інші порушення біомеханічних властивостей рогівки можуть сприяти розвитку регресу. Як зазначено з дослідження, слабка рогівка має більшу схильність до зміни форми після операції, що призводить до регресу [68];

-ектатичні зміни: лазерна корекція може спровокувати розвиток кератектазії — прогресуючої деформації рогівки, яка призводить до значного регресу зору. Хоча це рідкісне ускладнення, воно є серйозним і потребує детального спостереження та лікування. Ретельний відбір пацієнтів для лазерної корекції зору, з урахуванням початкового ступеня рефракційної помилки, біомеханічних властивостей рогівки та інших індивідуальних факторів, є ключовим для профілактики регресу. За даними Pniakowska et al., оцінка корнеального гістерезису перед операцією допомагає ідентифікувати пацієнтів з підвищеним ризиком [69].

Виконання корекції до значень, що не перевищують -6.00 діоптрій може значно знизити ризик регресу. Це підтверджено дослідженням, результати якого демонструють стабільніший ефект LASIK у пацієнтів із міопією слабкого та середнього ступеня [70]. Клінічні дослідження доводять реальність рефракційного регресу як ускладнення після лазерної корекції зору, проте сучасні методики та ретельний відбір пацієнтів дозволяють значно зменшити його ризик. Частота рефракційного регресу значно знижується при використанні фемтосекундного лазера для формування рогівкового клаптя, що робить Femto-LASIK більш надійним методом у порівнянні з традиційним LASIK [71].

Лазерна корекція зору методом SMILE (Small Incision Lenticule Extraction) є відносно новою технологією, яка набула популярності завдяки своїм перевагам, таким як мінімальна інвазивність, швидке відновлення та стабільні

результати. Проте, як і будь-яка хірургічна процедура, SMILE не позбавлений ускладнень, зокрема рефракційного регресу — поступового повернення частини або всієї рефракційної помилки, що була коригована під час операції. У огляді Lin et al., який представлено у журналі *Cornea*, розглянуто основні аспекти рефракційного регресу після операції SMILE, його причини, частота та можливі методи профілактики. Рефракційний регрес є одним з можливих ускладнень після лазерної корекції методом SMILE, хоча його частота загалом є низькою. Автори вказують, що частота рефракційного регресу після SMILE становить близько 2-5 % і є порівнянною з іншими методами лазерної корекції, такими як LASIK і PRK [72]. Важливо зазначити, що більшість випадків регресу спостерігається у пацієнтів з міопією високого ступеня. Причини рефракційного регресу після SMILE можуть включати кілька факторів:

- біомеханічні зміни в рогівці: видалення лентикули під час процедури змінює структуру рогівки, що може призвести до її перебудови і, як наслідок, до рефракційного регресу. Дослідження підкреслюють, що пацієнти з більшою товщиною рогівки і меншим діаметром лентикула мають нижчий ризик регресу [73];

- реакція на загоєння: як і після інших методів лазерної корекції, реакція на загоєння рогівки може призводити до зміни її форми та повернення частини рефракційної помилки. За даними Wang et al., інтенсивне ремоделювання рогівки після операції може бути однією з основних причин регресу [74]. Дослідження авторів продемонструвало, що рефракційний регрес після SMILE трапляється нечасто, проте можливий, особливо у пацієнтів із високим ступенем міопії [75]. Інше дослідження, проведене Chang et al., виявило, що пацієнти, у яких після операції розвивається регрес, часто потребують додаткової корекції, наприклад, за допомогою PRK або повторного SMILE [76].

Для зниження ризику розвитку рефракційного регресу після SMILE рекомендується:

- точний розрахунок параметрів операції: забезпечення правильного підбору діаметра і товщини лентікули може зменшити ризик регресу. Це

підтверджується отриманими даними, які свідчать про те, що оптимізація параметрів операції сприяє зниженню ризику ускладнень [77];

-контроль загоєння: використання медикаментозного лікування, такого як стероїди, може допомогти контролювати процес загоєння рогівки і зменшити ризик розвитку регресу. Дослідження O'Neil et al., вказує на важливість післяопераційного лікування для запобігання регресу [78]. Рефракційний регрес після лазерної корекції методом SMILE є рідкісним ускладненням, яке зазвичай спостерігається у пацієнтів з міопією високого ступеня. Причини цього регресу включають біомеханічні зміни в рогівці та індивідуальні реакції на загоєння. З метою зниження ризику розвитку регресу важливо ретельно підходити до планування операції та післяопераційного догляду. Подальші дослідження можуть допомогти у виявленні додаткових факторів ризику та покращенні методів профілактики рефракційного регресу після SMILE.

1.4 Синдром сухого ока та якісні зміни сльози при різних методиках рефракційних втручань

Після проведення PRK можуть спостерігатися зміни у складі слізної плівки, включаючи зміну концентрації білків, ліпідів і муцинів. Дослідження Zhang et al. продемонструвало зниження рівня лактоферину та лізоциму після PRK, що може призводити до змін антибактеріальних властивостей сльози [79]. Також було відзначено зміну рівня муцину MUC5AC, який відповідає за в'язкість слізної плівки і її здатність утримуватися на поверхні ока. Стабільність слізної плівки після PRK може бути знижена через порушення іннервації рогівки та зміни в складі сльози. Аналіз результатів показав, що після PRK спостерігається зниження показника стабільності слізної плівки (break-up time, BUT), що може призводити до сухості очей та дискомфорту [80]. Зниження стабільності слізної плівки пов'язують зі зменшенням продукції сльози та змінами в її складі. PRK впливає на функціонування мейбомієвих залоз, що призводить до порушення ліпідного шару слізної плівки. Результати свідчать, що після PRK нерідко спостерігається дисфункція мейбомієвих залоз, що сприяє розвитку сухості очей



[81]. Це порушення ліпідного шару зменшує здатність слізної плівки утримувати вологу на поверхні ока. Після PRK може спостерігатися підвищення осмолярності сльози, що є одним з ключових маркерів сухості очей. За даними Lee et al., після PRK відзначається підвищення осмолярності сльози, що вказує на дисбаланс водно-сольового складу слізної плівки [82]. Збільшення осмолярності спричиняє подразнення та запалення поверхні ока. Зміни у слізній плівці після PRK впливають на зоровий комфорт і якість зору. Пацієнти часто відчують тимчасове зниження контрастної чутливості, відчуття стороннього тіла в оці, сухість і дискомфорт. Дослідження підкреслює, що ці симптоми зазвичай є тимчасовими і можуть покращуватися протягом декількох місяців після операції [83]. Для запобігання та лікування якісних змін слізної плівки після PRK рекомендується використання зволожуючих крапель, що не містять консервантів, а також гелі та мазі для очей. Отримані дані свідчать, що систематичне використання зволожуючих крапель сприяє покращенню стабільності слізної плівки та зменшенню проявів сухості очей після PRK [84]. Також важливою є адекватна гігієна повік та лікування дисфункції мейбомієвих залоз.

Наукові дані свідчать, що погіршення якості сльози може бути пов'язане з підвищеним ризиком розвитку рефракційного регресу після PRK. Спостереження Tong et al. виявило, що у пацієнтів із сухим оком, які пройшли PRK, частота рефракційного регресу була значно вищою порівняно з тими, у кого сльозопродукція залишалася нормальною [85]. Недостатня кількість або якість сльози може призводити до нестабільності слізної плівки, що негативно впливає на загоєння рогівки та знижує ефективність корекції. Зміни у складі сльози можуть призводити до дисфункції слізної плівки, що викликає підвищене випаровування сльози і призводить до сухості ока. Це може погіршувати загоєння рогівки та викликати її ремоделювання, що, в свою чергу, сприяє розвитку рефракційного регресу. Як зазначають Alio et al., порушення зволоження рогівки після PRK може викликати зміни в її структурі, що знижує ефективність корекції і призводить до регресу [86]. Для зниження ризику

рефракційного регресу, пов'язаного з якісними змінами сльози, рекомендується ретельно оцінювати стан слізної плівки перед операцією та забезпечувати адекватну терапію сухого ока після процедури. Використання зволожуючих крапель, які містять муцин та ліпіди, може допомогти відновити нормальну слізну плівку і покращити загоєння рогівки. Результати Zhang et al. демонструють, що застосування таких препаратів у післяопераційний період суттєво зменшує ризик розвитку рефракційного регресу [87].

LASEK, як і інші методи лазерної корекції зору, може впливати на слізну плівку, що покриває рогівку. Процедура передбачає видалення епітелію рогівки та використання лазера для корекції рефракційної помилки, що може тимчасово порушити стабільність слізної плівки. За спостереженнями авторів, порушення цілісності слізної плівки після LASEK може призвести до тимчасової гіперосмолярності сльози та розвитку синдрому сухого ока [88]. Зміни у складі сльози після LASEK можуть включати зниження концентрації водяної фази, що призводить до підвищення осмолярності сльози. Такі зміни спричиняють підвищення концентрації протеїнів, ліпідів і електролітів, що може посилювати симптоми сухого ока. Інше дослідження виявило, що після LASEK рівень ліпідів у слізній плівці може знижуватися, що впливає на стабільність плівки і сприяє підвищеній випаровуваності сльози [89]. LASEK може також впливати на функцію мейбомієвих залоз та слізних залоз, що призводить до зниження секреції сльози. Зниження об'єму сльози, яке часто спостерігається після LASEK, може бути тимчасовим, але у деяких пацієнтів симптоми сухого ока можуть тривати довше. Дослідження Lee et al. показало, що пацієнти після LASEK часто мають знижений рівень секреції сльози протягом першого місяця після операції [90].

Розвиток сухого ока після LASEK може бути пов'язаний з кількома факторами:

- пошкодження нервів рогівки: відновлення епітелію рогівки після LASEK може призводити до пошкодження нервових закінчень, що контролюють

сльозовиділення. Це може викликати тимчасове зниження чутливості рогівки і, як наслідок, зменшення сльозопродукції;

-запальні реакції: запальний процес, який виникає внаслідок лазерної абляції, може впливати на стабільність слізної плівки і сприяти розвитку сухого ока. Підвищення рівня прозапальних цитокінів після операції може посилювати симптоми сухого ока [91]. Більшість пацієнтів спостерігають поліпшення симптомів сухого ока через кілька місяців після операції. Дослідження показало, що хоча деякі пацієнти можуть мати тривалі симптоми сухого ока, більшість з них зникають протягом року після операції [92].

Якісні зміни сльозової плівки можуть спричинити рефракційний регрес після LASEK через вплив на процес загоєння рогівки та стабільність оптичної поверхні. Недостатня зволоженість ока може сприяти розвитку мікроерозій епітелію, що впливає на форму рогівки і може призвести до повернення частини рефракційної помилки. Jonson et al. дійшли висновку, що у пацієнтів з вираженим синдромом сухого ока після LASEK частота рефракційного регресу значно вища [93]. Для профілактики та лікування якісних змін сльозової плівки після LASEK рекомендується використання зволожуючих крапель, що містять гіалуронову кислоту, а також препарати, що стабілізують ліпідний шар сльози. Комбінація цих препаратів, може значно покращити стабільність сльозової плівки і знизити ризик розвитку рефракційного регресу [94]. Клінічні дослідження підтверджують важливість моніторингу стану сльозової плівки та застосування зволожуючих препаратів після LASEK значно знижує частоту розвитку сухого ока та пов'язаного з ним рефракційного регресу [95].

Лазерна корекція зору методами LASIK та Femto-LASIK передбачає створення рогівкового клаптя, що може вплинути на іннервацію рогівки та, як наслідок, на стабільність сльозової плівки. Роботи науковців довели, що порушення іннервації рогівки після LASIK може призводити до зниження продукції сльози і змін у складі сльозової плівки [96].

Якісні зміни сльози після LASIK та Femto -LASIK:

-зниження кількості муцину: муцин є ключовим компонентом слюзової плівки, який забезпечує стабільність і адгезію слюзи до поверхні рогівки. Bhujel et al. вказують, що після LASIK знижується рівень муцину в слюзовій плівці, що може призводити до підвищеної випаровуваності сліз та розвитку сухого ока [97];

-зниження осмолярності слюзи: осмолярність слюзи є важливим показником її якості. Після процедур LASIK та Femto -LASIK спостерігається зниження осмолярності слюзової плівки, що може бути наслідком зменшення секреції слюзи і порушення її стабільності. Дослідження підтверджує, що осмолярність слюзи знижується після LASIK, що корелює з підвищенням симптомів сухого ока [98];

-збільшення концентрації протеїнів та цитокінів: після лазерної корекції зору спостерігається підвищення концентрації запальних цитокінів та протеїнів у слюзовій плівці, що може сприяти розвитку запалення і дискомфорту. Рівень цитокінів, таких як IL-6 та TNF- α , значно підвищується після LASIK, що може бути пов'язано з розвитком синдрому сухого ока [99]. Метод Femto -LASIK, при якому рогівковий клапоть створюється за допомогою фемтосекундного лазера, вважається менш травматичним порівняно з традиційним LASIK, де використовується мікрокератом. Пацієнти після Femto -LASIK мають менше порушень слюзової плівки та менш виражені симптоми сухого ока порівняно з пацієнтами після LASIK [100].

Пацієнти зі змінами слізної плівки мають вищий ризик розвитку рефракційного регресу після операцій LASIK та Femto -LASIK [101]. Це підтверджується також спостереженнями Satitpitakul et al., де зазначається, що пацієнти з хронічною сухістю ока більш схильні до розвитку рефракційного регресу через тривалі зміни у структурі рогівки та слізної плівки [102]. Дослідження Chao et al. показало, що навіть через кілька років після операції LASIK чи Femto -LASIK у деяких пацієнтів можуть зберігатися проблеми з якістю слюзи, що впливає на стабільність зору та можливість розвитку рефракційного регресу [103]. Однак, дослідження також показують, що з часом

більшість пацієнтів досягають стабільності слізної плівки та зорових функцій, що знижує ризик довгострокових ускладнень.

Після лазерної корекції зору методом SMILE можуть відбуватися зміни в якості слюзової плівки. За даними дослідження Xia et al., у перші кілька місяців після операції часто спостерігається зниження стабільності слюзової плівки, що може бути пов'язано з порушенням нервової іннервації рогівки, яка відповідає за регуляцію вироблення сліз [104]. Це порушення може призводити до сухості очей і тимчасового погіршення зору. Ліпідний шар слюзової плівки відповідає за запобігання випаровуванню водного шару. Зміни в ліпідному шарі можуть спричинити нестабільність слюзової плівки та збільшення швидкості її. Відмічено, що після SMILE спостерігається тимчасове зниження кількості і якості ліпідів у слюзовій плівці, що може сприяти розвитку симптомів сухості очей [105]. Водний шар слюзової плівки забезпечує основне зволоження поверхні ока. Після операції SMILE може спостерігатися зниження об'єму водного шару через зменшення вироблення сліз. В роботі Jones et al. виявлено, що у деяких пацієнтів після SMILE спостерігається зменшення об'єму водного шару слюзової плівки, що може викликати дискомфорт і зорові порушення [106]. Муциновий шар слюзової плівки забезпечує адгезію водного шару до епітелію рогівки. Зміни в муциновому шарі можуть призвести до порушення рівномірного розподілу сліз по поверхні ока і як наслідок, до симптомів сухості очей [107]. Більшість змін у слюзовій плівці після SMILE є тимчасовими. За даними дослідження Li et al., стабілізація слюзової плівки та зникнення симптомів сухості очей у більшості пацієнтів відбувається протягом 3-6 місяців після операції [108]. Однак, у деяких пацієнтів ці симптоми можуть зберігатися довше, що вимагає додаткового лікування. Зміни в слюзовій плівці можуть впливати на якість зору і призводити до рефракційного регресу після SMILE. Основні механізми включають зниження якості слюзової плівки, що впливає на рефракційні властивості рогівки, та підвищення сухості ока, що може спричинити запалення і ремоделювання рогівки. Було проаналізовано, що пацієнти зі значними змінами в слюзовій плівці після SMILE мали вищий ризик

рефракційного регресу порівняно з пацієнтами зі стабільною сльозовою плівкою [109]. Клінічні дослідження підтверджують зв'язок між змінами сльозової плівки і рефракційним регресом після SMILE. Спостереження Zhu et al. показало, що пацієнти з нестабільною сльозовою плівкою частіше стикалися з проблемами рефракційного регресу після операції [110]. Інше дослідження підтверджує, що своєчасне лікування сухого ока може значно знизити ризик регресу. Зміни у складі та функціонуванні сльозової плівки після лазерної корекції методом SMILE можуть значно впливати на результат операції, зокрема спричиняти рефракційний регрес. Профілактика та корекція сухості ока, регулярний моніторинг стану сльозової плівки, а також використання зволожуючих препаратів є ключовими заходами для зниження ризику розвитку цього ускладнення. Подальші дослідження необхідні для більш детального розуміння механізмів впливу сльозової плівки на результати лазерної корекції зору методом SMILE.

Резюме до розділу 1

Міопія та міопічний астигматизм є одними з найпоширеніших аномалій рефракції, які істотно впливають на якість життя пацієнтів. Причини розвитку міопії включають генетичні фактори, екологічний вплив, тривале зорове навантаження на близькій відстані, а також біомеханічні зміни у структурі рогівки та склери.

На сьогоднішній день існує два основних підходи до корекції міопії: консервативний (корекція за допомогою окулярів або контактних лінз) та хірургічний (лазерна корекція). Лазерна корекція є найбільш поширеним методом, який забезпечує стабільні результати та покращення зорових функцій без необхідності використання додаткових оптичних засобів.

Метод PRK є одним із перших видів лазерної корекції, що отримав широке застосування. Він передбачає видалення епітелію рогівки та лазерну абляцію її поверхневих шарів. PRK забезпечує високу точність корекції, але має суттєві недоліки, зокрема тривалий період загоєння та ризик розвитку помутнінь

рогівки. LASIK є вдосконаленою методикою, що передбачає створення рогівкового клаптя, під яким виконується лазерна абляція. Це дозволяє зменшити період реабілітації, проте створення клаптя може призводити до ослаблення біомеханічних властивостей рогівки. У свою чергу, Femto-LASIK є більш безпечною альтернативою, оскільки замість механічного мікрокератома для створення клаптя використовується фемтосекундний лазер, що знижує ризик ускладнень.

Найсучаснішою методикою є ReLEx SMILE, яка не потребує створення клаптя і є менш інвазивною. Під час цієї процедури у товщі рогівки формується лентикула, яка видаляється через малий розріз. Це дозволяє зберегти нервові закінчення рогівки, зменшуючи ризик розвитку синдрому сухого ока, а також забезпечує вищу біомеханічну стабільність. Проте у порівнянні з LASIK, дана методика має довший період адаптації зору.

Незважаючи на ефективність лазерної корекції, певна частина пацієнтів стикається з ускладненнями, зокрема регресом рефракційного ефекту, розвитком синдрому сухого ока, ектазією рогівки та помутніннями. Регрес рефракції є одним із ключових питань, що вимагає детального вивчення. Основними факторами, що впливають на його розвиток, є початковий ступінь міопії, вікові зміни в структурі рогівки, процеси її ремоделювання та порушення біомеханічних властивостей. Дослідження показали, що регрес найчастіше спостерігається після LASIK, що пов'язано з біомеханічним ослабленням рогівки після формування клаптя. У той час як методи PRK та ReLEx SMILE забезпечують вищу стабільність результатів, оскільки не порушують значну частину рогівкової тканини.

Одним із найпоширеніших післяопераційних ускладнень є синдром сухого ока, що виникає через пошкодження нервових закінчень у рогівці під час операції. Найвищий рівень розвитку цього ускладнення спостерігається після LASIK і Femto-LASIK, тоді як після ReLEx SMILE він є значно нижчим. Це пояснюється тим, що методика SMILE дозволяє зберегти більшу кількість нервових волокон, що підтримує стабільність слізної плівки.



Таким чином, аналіз сучасних методик лазерної корекції показує, що кожен метод має свої переваги та недоліки. Метод PRK є ефективним для пацієнтів із тонкою рогівкою, але супроводжується тривалим періодом загоєння. LASIK і Femto-LASIK забезпечують швидке відновлення, проте можуть призводити до регресу ефекту та синдрому сухого ока. ReLEx SMILE демонструє високу стабільність рефракційного ефекту, менший ризик ускладнень і є оптимальним варіантом для пацієнтів із високими ступенями міопії. Дослідження у цій галузі тривають, оскільки важливим завданням є подальша оптимізація методик лазерної корекції для підвищення безпеки та ефективності операцій.

Розробка та удосконалення алгоритму диференціального підходу до призначення методики лазерної корекції зору, післяопераційного введення пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом з урахуванням змін слізної плівки, внутрішньоочного тиску та біомеханічних властивостей рогівки є актуальними задачами сучасної офтальмології, що обумовлює подальші дослідження.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Клінічна характеристика обстежених пацієнтів та дизайн дослідження

В роботі представлено результати спостереження 100 пацієнтів (192 ока) які обстежувались та лікувались у медичному центрі ТОВ «Візус», у період з 2012 року по 2022 рік. У віці від 19 до 37 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.). За статтю: чоловіків було 46 (46%) , жінок – 54 (54 %).

Всі дослідження проводили при наявності інформованої згоди від усіх пацієнтів, з дотриманням основних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964 р., з подальшими доповненнями, включаючи версію 2000 р.) та Наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009р. Дослідження пацієнтів проведено у медичному центрі ТОВ «ВІЗУС» м. Запоріжжя, який є клінічною базою кафедри офтальмології Запорізького державного медико-фармацевтичного університету.

Дизайн дослідження: ретроспективно-проспективне, когортне, порівняльне, відкрите клінічне дослідження.

Ретроспективна частина дослідження полягала в аналізі даних амбулаторних карток 41 пацієнта (80 очей), які обстежувались та лікувались у медичному центрі ТОВ «Візус» у період з 2012 року по 2018 рік. У проспективну групу дослідження увійшли 59 пацієнтів (112 очей), яким виконувалась лазерна корекція зору різними методиками з 2019 по 2022 роки.

Критеріями включення в дослідження були:

- вік пацієнтів від 18 років;
- наявність міопії до -6 дптр, міопічного астигматизму до $-4,0$ дптр;
- товщина рогівки ≥ 500 мк;

-відсутність супутньої очної патології, травм та операцій на очах, за виключенням склеропластики та профілактичної периферичної лазерної коагуляції сітківки;

-інформована згода на проведення лазерної корекції зору та участь у дослідженні (для проспективної групи).

Критеріями виключення були:

-мінімальна центральна товщина рогівки менше ніж 500 мк;

-метаболичні порушення, захворювання щитоподібної залози, в тому числі аутоімунні захворювання;

-гострі та хронічні запальні захворювання ока, глаукома, катаракта;

-перенесені раніше корекції порушень рефракції.

Протягом виконання дисертаційного дослідження було проведено розподіл пацієнтів на групи в залежності від виду оперативного втручання.

Перша група включала обстеження 31 пацієнтів (53 ока), з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методом LASEK (laser epithelial keratomileusis). Серед них на 18 очах (34 %) міопія середнього ступеню і на 35 очах (66 %) міопія слабого ступеню. Серед пацієнтів було 14 чоловіків (45,2 %) та 17 жінок (54,8 %) у віці від 18 до 37 років (середній вік $25 \pm 2,5$ р.).

Другу групу склали 44 пацієнти (80 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методами LASIK та FEMTO-LASIK. Всі прооперовані пацієнти другої групи були розподілені на 2 підгрупи в залежності від методу формування рогівкового клаптя. До 1 підгрупи включені 29 пацієнтів (50 очей), яким була виконана корекція зору методом LASIK (laser in situ keratomileusis). Серед на 19 очах (34 %) - середнього ступеня і на 31 оці (66 %) - міопія слабого ступеня. До 2 підгрупи були віднесені 15 пацієнтів (30 очей), яким була проведена корекція зору методом FEMTO-LASIK. Серед них на 15 очах (50 %) була міопія слабого ступеня та на 15 очах (50 %) — міопія середнього ступеня. Серед пацієнтів було 20 чоловіків (45,4 %) та 24 жінки (54,6 %) віком від 19 до 38 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.).

До *третьої групи* входили 25 пацієнтів (50 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була виконана корекція зору методом ReLEx SMILE. Серед них на 25 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня, на 25 очах (50 %) — середнього ступеня. Серед пацієнтів було 11 чоловіків (44 %) та 14 жінок (56 %) віком від 19 до 37 років (середній вік $25,2 \pm 1,5$ р.).

Досліджувані групи були співставимі між собою за статтю та віком, некоригованою гостротою зору та рефракцією за вихідними даними. Всі досліджувані очі мали кориговану гостроту зору 1,0. Стандартний післяопераційний супровід включав місцеве застосування стероїдних протизапальних засобів, антибактеріальних препаратів та натрію гіалуронату (0,15 %) у вигляді очних крапель.

Оперативні втручання виконувались трьома хірургами, випадків інтра- та післяопераційних ускладнень не спостерігалось. Всі пацієнти спостерігалися протягом 1 року після операції.

2.2 Методи обстеження пацієнтів

Збір анамнезу хвороби. З'ясовували скарги пацієнта та анамнез захворювання, що включає в себе відомості про давність захворювання, характер і причини його розвитку, можливості спадкового чинника. Обов'язковими були загальноклінічні передопераційні дослідження, виконані в лабораторії:

- клінічний аналіз крові;
- рівень цукру крові;
- аналіз крові на RW;
- аналіз крові на наявність HBsAg;
- наявність та рівень IgE.

Усім пацієнтам проводились стандартні офтальмологічні обстеження (візометрія, авторефрактометрія, біомікроскопія на щілинній лампі SL-1E (TorconCorporation, Japan), непряма офтальмоскопія та офтальмоскопія з трьохдзеркальною лінзою Гольдмана, периметрія), рефракційна діагностика, яка включала оцінку біомеханічних властивостей рогівки і вимірювання



1714651370980773

внутрішньоочного тиску (BOT), проведеного з урахуванням індивідуальних властивостей тканин рогівки на Ocular Response Analyzer (ORA) виробництва Reichert, США), кератотопографію з пахіметрією на діагностичному приладі Orbscan IIz, (Bausch& Lomb Incorporated, США), оптичну когерентну томографію переднього відрізка ока (Visante OCT, Karl Zeiss Mediatec, Німеччина), оптичну біометрію оптичним біометром IOL Master 700 (Karl Zeiss Mediatec, Німеччина) та кристалографію сльози.

Візометрія. Гостроту зору пацієнтів визначали за таблицями Головіна-Сівцева з використанням набору пробних лінз і призм НС-1. У разі гостроти зору менше 0,1 використовували оптотипи Поляка та визначення світлопроекції.

Аutoreфрактокератометрія. Autoreфрактокератометрія є стандартним методом об'єктивного визначення рефракції та кривизни рогівки. Застосовували апарат autoreфкератометр URK-700 (Unicos, Південна Корея) на обидва ока. Прилад випромінює інфрачервоний світловий пучок, що проходить через оптичні середовища ока та відбивається від сітківки. Система аналізує зображення відбитого променя та автоматично обчислює сферичний компонент рефракції (Sph, D) – показує наявність міопії чи гіперметропії, циліндричний компонент (Cyl, D) – визначає ступінь астигматизму, вісь астигматизму (Axis, °) – орієнтація астигматичного компонента. Вимірювання проводили 3 рази для кожного ока, після чого обирали середній показник. Під час вимірювання кривизни рогівки (кератометрії), прилад аналізує відбиття світла від поверхні рогівки. Визначали радіуси кривизни у двох головних меридіанах та їх діоптричний еквівалент (D).

Біомікроскопія. Біомікроскопія – це метод мікроскопічного дослідження переднього відділу ока за допомогою щілинної лампи. Він дозволяє детально оцінити стан рогівки, кон'юнктиви, райдужки, кришталика та передньої камери ока. Для проведення біомікроскопії використовували щілинну лампу SL-1E, виробництва Topcon Corporation. Передній відділ у пацієнтів досліджували при вузькій та широкій зіниці після інстиляції мідріатики. Біомікроскопія дозволяла визначити можливі патологічні зміни в передньому відрізку ока. При огляді

кон'юнктиви і повік оцінювати колір, прозорість наявності гіперемії, набряку або патологічних змін (фолікули, крововиливи). При огляді рогівки оцінювалась гладкість, прозорість, наявність інфільтратів, дистрофічних змін або дефектів епітелію. Далі визначалась глибина, прозорість камерної вологи, оцінювався рельєф, судинний малюнок, зміни пігментації, наявність синехій на райдужній оболонці. Перевірка реакції зіниці на світло виконувалася до інстиляцій мідріатиків. При огляді кришталика та скловидного тіла оцінювалась прозорість. При виявленні дистрофічних та патологічних змін з групи виключення - очі не входили в дослідження.

Офтальмоскопія. Виконували непряму офтальмоскопію з використанням щілинної лампи та лінзи силою 90 діоптрій. Оцінювали стан очного дна і диску зорового нерва. Також виконували офтальмоскопію периферії сітківки з трьохдзеркальною лінзою Гольдмана для виявлення периферичних хоріоретинальних дистрофічних змін. При виявленні таких змін перед лазерною корекцією виконувалася периферична профілактична лазерна коагуляція сітківки або відмежувальна лазерна коагуляція сітківки на мультитихвильовому лазері Visual Trion (Karl Zeiss Mediatec, Німеччина). Після цих маніпуляцій виконувати лазерну корекцію зору можливо було через 1 місяць.

Периметрія. Проводили кінетичну периметрію за допомогою периметра Ферстера (ПНР-2). Периметр Ферстера – це напівсферичний прилад, на якому є шкала градусів для оцінки поля зору. Випробувані фіксують погляд у центральній точці, а тест-мішені різного розміру та яскравості (зазвичай білі мішені розміром 1–10 мм) рухаються від периферії до центру. дослідження проводять по чергові для кожного ока. Пацієнту пояснювали завдання: дивитися прямо на центральну фіксаційну точку і сигналізувати, коли він побачить рухомий об'єкт на периферії. Дослідження проводилося у кількох меридіанах (верхній, нижній, латеральний, медіальний). Нормальне поле зору (у градусах від центральної точки)- Назовні (темпорально) – 90–100°; до носа (назально) – 55–60°, вгору (суперіорно) – 50–55°, вниз (інферіорно) – 65–70°. Обстеження

дозволяло визначити порушення поля зору, виявити захворювання з групи виключення.

Далі на етапі рефракційної діагностики виконували *безконтактну пневмотонометрію* за допомогою пневмотонометра Ocular Response Analyzer (ORA), Reichert (США). Показники, які оцінювалися при безконтактній пневмотонометрії- BOT (Goldmann-correlated IOP – IOPg) – стандартний показник внутрішньоочного тиску; коригований BOT (Corneal-compensated IOP – IOPcc) – значення, що враховує біомеханічні властивості рогівки, корнеальний гістерезис (CH) – показник в'язкоеластичних властивостей рогівки, фактор резистентності рогівки (CRF) – характеристика жорсткості рогівкової тканини (рис 2.1). Під час обстеження, пацієнт фіксував погляд на спеціальній мішені всередині приладу. Для вимірювання внутрішньоочного тиску прилад спрямовує короткий імпульс повітря на рогівку, визначається момент деформації рогівки при першому вгинанні (P1) та момент її повернення у вихідне положення (P2) і внутрішньоочний тиск розраховується на основі цих двох значень. Корнеальний гістерезис (CH) визначається як різниця між двома тисковими параметрами (P1 - P2). Фактор резистентності рогівки (CRF) розраховується як середнє значення тиску деформації. Для кожного ока виконується 3–4 вимірювання, середній показник використовується для подальшого аналізу.

OCULAR RESPONSE ANALYZER						Page
		<u>ID</u>	<u>Birth Date</u>	<u>Sex</u>	<u>Race</u>	
		1458	14.12.1991	Female	white	
Measurement Date: 18.08.2018 9:57:00						
	#	<u>IOPcc</u> (mmHg.)	<u>IOPg</u> (mmHg.)	<u>CRF</u> (mmHg.)	<u>CH</u> (mmHg.)	<u>CCT</u> (μm.)
RIGHT	1	11,1	9,3	8,2	10,0	
	2	9,7	8,9	8,9	11,0	
	Avg.	10,4	9,1	8,6	10,5	0
LEFT	1	12,8	11,9	9,3	10,4	
	2	12,3	10,9	8,9	10,2	
	Avg.	12,6	11,4	9,1	10,3	0

Рисунок 2.1- Показники внутрішньоочного тиску та біомеханічних показників рогівки у пацієнта П. за допомогою пневмотонометра Ocular Response Analyzer (ORA).



1714651370980773

Кератотопографія виконувалась на апараті Orbscan II z (BAUSCH & LOMB, USA) (рис. 2.2). Аналіз на даному приладі проводиться по 9000 точкам на передній поверхні рогівки і по 5000 точкам на задній поверхні рогівки. Карта пахіметрії (товщини) рогівки отримується шляхом цифрової обробки і «порівняння» просторового положення топограм передньої і задньої поверхонь рогівки. Аналіз дозволяє точно визначити розташування найтоншої точки рогівки для правильного прогнозування хірургічного втручання. При ознаках загрози або вже наявності розвитку кератоконусу - пацієнти виключались з дослідження. Визначались також параметри кривизни передньої і задньої поверхонь рогівки, товщина рогівки, елевация поверхонь рогівки, представлені у вигляді кольорової карти і у вигляді числових значень.

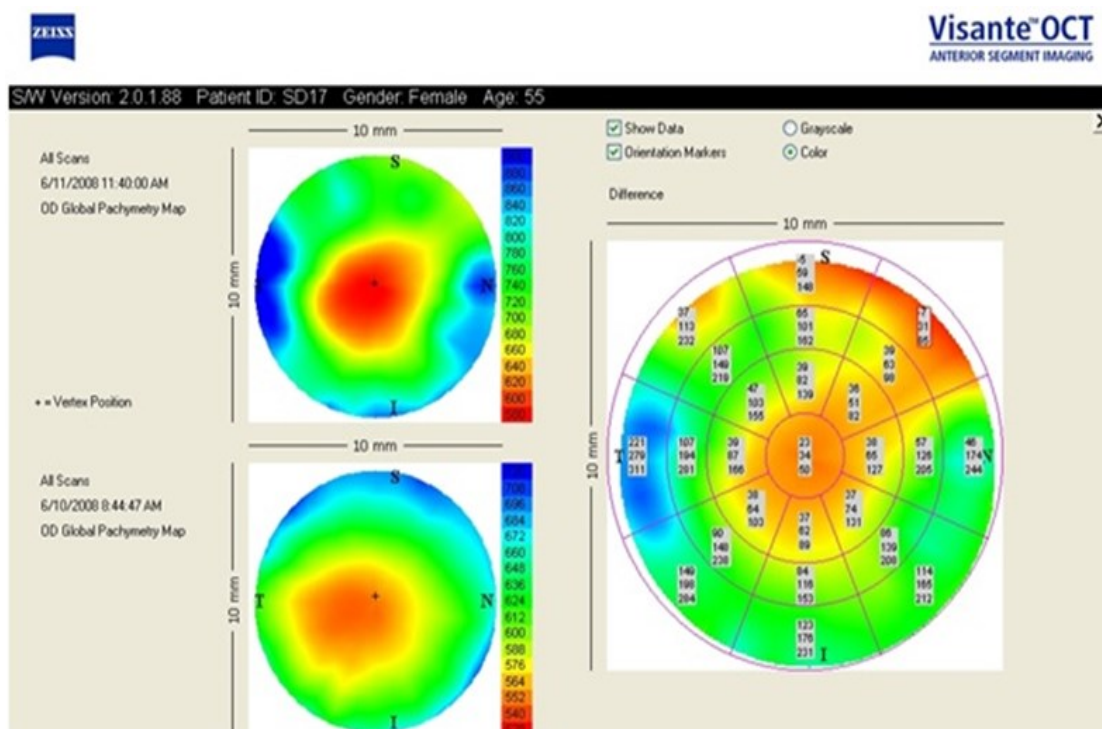


Рисунок 2.2- Протокол Pachymetry map у пацієнта М. за даними оптичного когерентного томографа Visante OCT.

Оптична когерентна томографія переднього відділу ока. Товщина рогівки в мкм вимірювалася на безконтактному оптичному когерентному томографі переднього відрізка ока Visante OCT Anterior Segment Imaging (Carl Zeiss,

Німеччина) (рис. 2.3). Метод оптичної когерентної томографії Visante OCT базується на принципі світлової низькокогерентної інтерферометрії. Параметри інтерференції реєструються й вимірюються фотодетектором, створюючи томограми (скани) площин ока з високою роздільною здатністю. Як джерело світла використовується суперлюмінесцентний діод з довжиною хвилі 1310 нм, яка має високу здатність до проникнення через щільні структури та дає можливість максимально швидкого сканування, що мінімізує перешкоди від руху очей пацієнта. Аналізували протокол сканування та аналізу Pachymetry map (довжиною 10 мм і глибиною досліджуваної зони 3 мм) для визначення мінімальної товщини рогівки в оптичних зонах діаметром 0-2 мм, 2-5 мм, 5-7 мм. Показники доопераційної товщини рогівки були необхідними для вирішення питання щодо можливості виконання лазерної корекції зору.

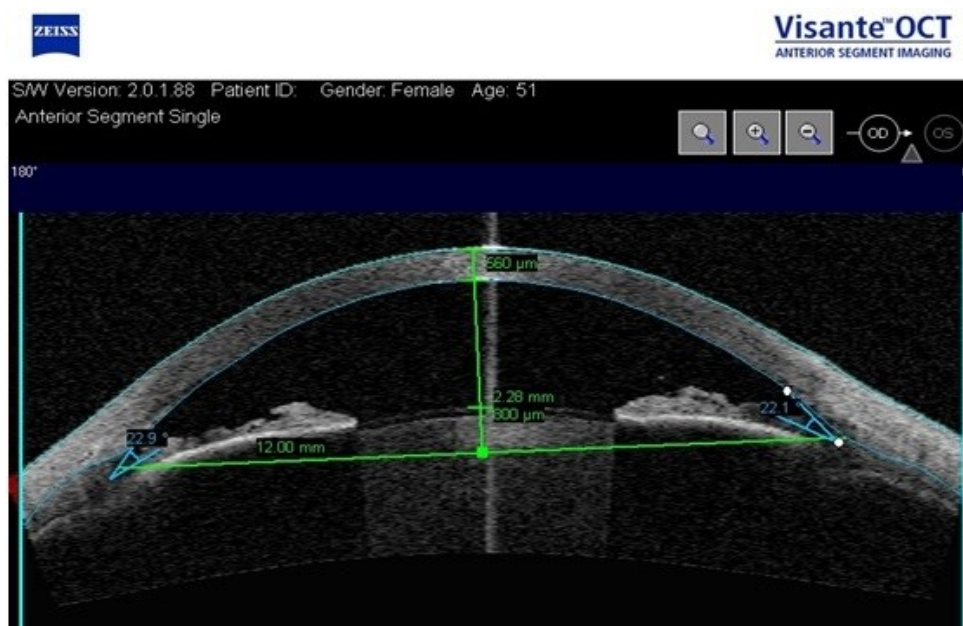


Рисунок 2.3- Визначення товщини рогівки на оптичному когерентному томографі Visante OCT у пацієнта В.

Оптична біометрія ока (А- сканування) виконувалась на апараті IOL Master 700 (Carl Zeiss, Німеччина) (рис. 2.4). Один з основних параметрів, що вимірюється за допомогою IOL Master 700, — це довжина ока, яка визначає відстань від рогівки до сітківки. Це критично важливо для планування лазерної



корекції. Точність вимірювання довжини ока за допомогою IOL Master 700 забезпечує мінімізацію ризику рефракційних помилок.

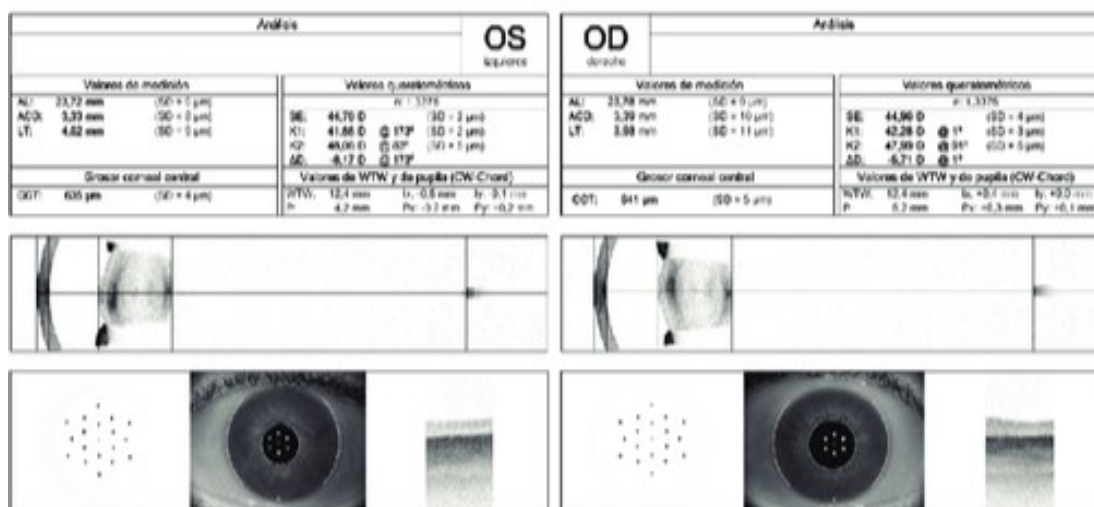


Рисунок 2.4- Визначення оптичної біометрії апараті IOL Master 700 у пацієнта С.

Кератометрія оцінює кривизну передньої поверхні рогівки, що є важливим параметром для корекції астигматизму та розрахунку рефракційних помилок. Прилад вимірює дві основні кривизни (K1 і K2), що дозволяє точно визначити рефракційну силу рогівки. Це є необхідним для правильної корекції астигматизму. Товщина рогівки (Central Corneal Thickness, CCT) є ще одним важливим параметром, що впливає на вибір методики лазерної корекції та визначення безпеки процедури. Прилад IOL Master 700 вимірює товщину рогівки з високою точністю, що допомагає лікарям визначити, чи є пацієнт кандидатом для процедур, таких як LASIK або LASEK. Глибина передньої камери (Anterior Chamber Depth, ACD) ока вимірюється від задньої поверхні рогівки до передньої поверхні кришталика. Цей параметр є важливим для оцінки ризику ускладнень під час лазерної корекції. Діаметр рогівки (Corneal Diameter, CD, або "White-to-White" Distance) від однієї лімбальної області до іншої, є важливим параметром для планування хірургічних втручань. Цей параметр допомагає уникнути потенційних ускладнень, пов'язаних з розміром імплантованих лінз. Осі центральної зони зору (Fovea-to-Axis Distance, FAD) визначають співвідношення



між оптичною віссю ока та фовеальною віссю (вісь зору), що дозволяє оцінити якість і точність рефракційної корекції. Вимірювання осі зору допомагає підвищити точність планування лазерної корекції зору, особливо в пацієнтів з астигматизмом або іншими асиметріями ока.

Всі використовувані прилади підлягали своєчасній метрологічній повірці та калібруванню.

У роботі використовувалася наступна методика *кристалографії слюзи*. Забір слізної рідини здійснювали з нижнього кон'юнктивального склепіння за допомогою канюлі та інсулінового шприца об'ємом до 10 мкл (еквівалентно одній краплі) без стимуляції слюзопродукції. Отриманий зразок негайно наносили на предметне скло, яке попередньо обробляли розчином спирту та ефіру у співвідношенні 1:1 для знежирення. Процес кристалізації слізної рідини відбувався за кімнатної температури з урахуванням постійної циркуляції повітря. Після завершення дегідратації на предметному склі формувалася фація (суха плівка слюзи). Далі проводили макро- та мікроскопічний аналіз отриманих зразків за допомогою світлового мікроскопа при збільшенні у 32 та 60 разів. Отримані кристалограми детально описували, фіксували за допомогою фотографування та протоколювали для подальшого аналізу.

Оцінку результатів кристалографії слізної рідини здійснювали відповідно до критеріїв М. Rolando [111], згідно з якими кристалізація може набувати чотирьох типів:

- I тип – кристалограма містить великі, однорідні кристали, що мають папоротеподібну форму та розташовуються впорядковано, утворюючи деревоподібні розгалуження.
- II тип – представлений дрібнішими та поодинокими кристалами, які також мають папоротеподібну форму, але характеризуються незначними розгалуженнями.
- III тип – містить невеликі кристали, форма яких нагадує папороть, проте майже без розгалужень, з великою кількістю порожніх зон.

- IV тип – структура папоротеподібних кристалів повністю відсутня, натомість можуть бути агломерати муцину.

Аналіз морфологічної структури фацій слізної рідини (СЖ) проводили з урахуванням співвідношення поясів кристалізації за їхньою шириною та характеру морфологічної будови кристалів у кожному поясі.

Кількість зон кристалізації є важливим параметром, що дозволяє оцінити склад слізної рідини. При випаровуванні крапля біологічної рідини, яка має напівсферичну форму, втрачає вологу нерівномірно через різну товщину рідинного шару. У центральній частині краплі шар товщий, тому випаровування там відбувається повільніше, тоді як на периферії, де шар тонший, процес дегідратації проходить швидше. У результаті цього в периферійних зонах концентрація розчинених речовин підвищується швидше, ніж у центрі.

У таких умовах діють різні сили, серед яких головну роль відіграють осмотичні та онкотичні градієнти. Оскільки осмотичні сили набагато інтенсивніші за онкотичні, формується градієнт, який змушує низькомолекулярні неорганічні речовини переміщуватися до центру краплі, тоді як високомолекулярні органічні сполуки накопичуються на периферії. Таким чином, під час кристалізації рідини речовини розподіляються радіально, залежно від їхньої молекулярної ваги та здатності впливати на осмотичні процеси. Цей розподіл утворює характерні зони кристалізації, які формуються речовинами з подібними фізико-хімічними властивостями. (рис.2.5)

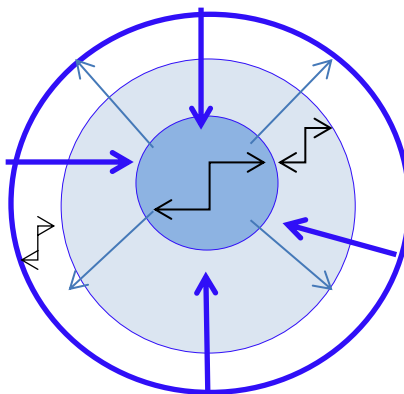


Рисунок 2.5- Процес кристалізації слізної рідини.

→ осмотичний тиск, → онкотичний тиск, <→ пояса кристалізації.

Процес кристалізації починається з периферійної частини краплі, оскільки в цій зоні рідинний шар найтонший. Через швидке зневоднення периферії та лише початковий розподіл речовин осмотичними і онкотичними силами, великі молекули білків, витіснені до периферії, кристалізуються разом із іншими компонентами, формуючи аморфну структуру. У центральній частині краплі, де рідина випаровується повільніше, а розподіл речовин більш упорядкований, утворюються чіткі структуровані кристали.

Кількість зон кристалізації може бути індикатором складу слізної рідини. Наприклад, наявність трьох зон, як у здорових людей, свідчить про нормальний баланс компонентів рідини. У той же час зміна кількості зон (наприклад, дві або чотири) може вказувати на суттєві відхилення у складі сльози, пов'язані зі зміною концентрації певних речовин. Це призводить до порушення осмотичного розподілу компонентів і втрати структурованості зон.

Чіткість меж між зонами залежить від умов проведення кристалізації, таких як сталість температури, вологість та відсутність повітряних потоків. Ширина кожної зони є кількісним показником концентрації певних компонентів у слізній рідині.

Характеристика зон кристалізації:

1. Периферійна зона:

- Утворюється великими молекулами білків, які не здатні створювати чітку кристалічну структуру, через що їх дегідратація носить аморфний характер.
- Сюди входять переважно імуноглобуліни, які можуть свідчити про локальні імунні або аутоімунні процеси.
- Нерівномірність цієї зони може сигналізувати про запальні процеси, за яких у слізну рідину проникають білки крові.

2. Проміжна зона:

- Складається з низькомолекулярних білків і органічних сполук, які утворюють папоротеподібні або схожі на них структури.
- Відхилення у формуванні цих структур можуть свідчити про зміни в органічному складі слізної рідини.

3. Центральна зона:

-Утворена переважно неорганічними речовинами, які під час дегідратації створюють дрібні та середні кристали різної форми.

-Ця зона має найбільшу варіабельність, що дозволяє оцінити навіть незначні зміни у складі слізної рідини.

Таким чином, аналіз зон кристалізації дозволяє оцінити склад слізної рідини, виявити патологічні зміни та діагностувати потенційні порушення, пов'язані з локальними або системними процесами.

Оцінювання результатів кристалографії здійснювали за такими критеріями:

1.Кількість поясів кристалізації, їх співвідношення та ступінь чіткості меж між ними.

2.Морфологічні особливості периферичного поясу кристалізації.

3.Структурні характеристики проміжного поясу кристалізації, у разі його наявності.

4. Особливості кристалічної будови центрального поясу.

Для подальшого аналізу якісного складу слізної рідини було застосовано бальну систему оцінювання зазначених параметрів [112], яка представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 - Основні структурні параметри фації CP (у балах)

Зона кристалізації	Специфічна особливість	Кількість балів
1	2	3
Крайова (білкова)	- чітка	2
	- нечітка	1
	- відсутня	0



1714651370980773

Продовження таб.2

1	2	3
	- рівномірне радіально-аркадне розташування тріщин	2
	-хаотичне розташування тріщин	1
	- відсутня	0
Проміжкова	- чітка	2
	- нечітка	1
	- відсутня	0
	- наявність дендритних структур типу папороті з множинними розгалуженнями	2
	- наявність дендритних структур типу папороті з дихотомічними розгалуженнями	1
Центральна (сольова)	- наявність множинних чотирикутних кристалів	1
	- кристали розташовані впорядковано	2
	- наявність одиничних чотирикутних кристалів	2
	- кристали розташовані хаотично	1
Співвідношення поясів кристалізації	1 : 3,5: 3 (норма)	1
	- зміна співвідношення товщини поясів кристалізації порівняно з нормою	0

Незважаючи на різноманітність кристалів, які формуються при висушуванні сльози, ці основні зони в нормі зберігають своє розташування (рис.2.6), а кількість балів за даною шкалою в середньому становить 12 балів.

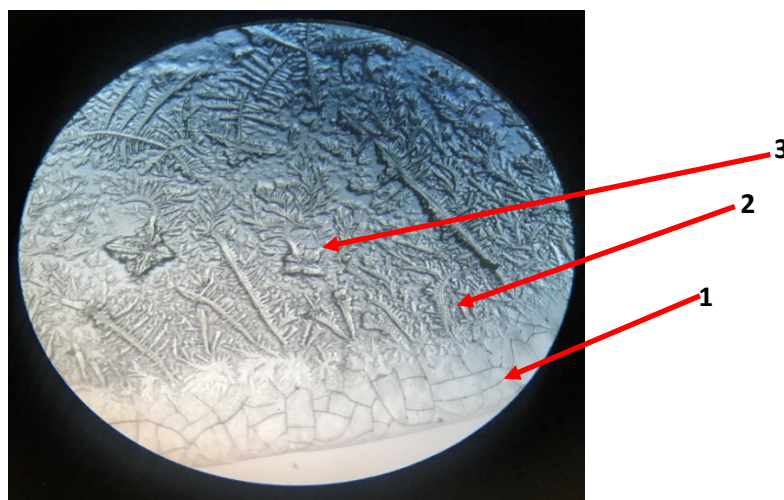


Рисунок 2.6- Кристалограма сльози в нормі пацієнта К. 3 група спостереження (1-й тип за М. Rolando).

1. Периферичний пояс хвилеподібний з рівномірним розташуванням тріщин.
2. Проміжний пояс представлений папоротеподібними кристалами з тонкими та короткими осьовими променями.
3. У центральному поясі чотирикутні кристали.

2.3 Методика хірургічного лікування

Передопераційна підготовка та післяопераційне лікування пацієнтів. Всім пацієнтам передопераційно призначались інстиляції антибіотику фторхінолонового ряду по 1 краплі 4 рази на день за 5 днів до операції та кератопротектора з вмістом гіалуронової кислоти в кон'юнктивальну порожнину ока по 1 краплі 3 рази на день.

В день операції інстилювали антибіотик та кератопротектор. Безпосередньо після операції пацієнт проводить короткий час під наглядом, щоб переконатися, що немає гострих ускладнень.

Пацієнту даються вказівки щодо догляду за очима вдома, уникаючи контактів з водою, пилом та фізичних навантажень протягом перших днів після операції.

У післяопераційному періоді пацієнти проходили огляди на 1-й день, 7-й день, 10-й день, а також через 1, 6 та 12 місяців після операції. Післяопераційна терапія включала інстиляції очних крапель із розчином антибіотиків фторхінолонового ряду щогодини в день операції, після чого препарат застосовувався по 1 краплі 6 разів на день 7 днів. Протизапальне лікування

передбачало використання 0,1% розчину дексаметазону кожну годину в день операції з подальшим поступовим зменшенням частоти застосування, або нестероїдних протизапальних препаратів для пацієнтів, у яких оперативне лікування виконувалося методом LASEK. Для підтримки регенерації рогівкової тканини призначалися кератопротекторні краплі з вмістом гіалуронової кислоти. Крім того, пацієнти приймали пероральні нестероїдні протизапальні препарати для зменшення післяопераційного дискомфорту та запальної реакції. Такий комплексний підхід сприяв зниженню ризику післяопераційних ускладнень, пришвидшенню відновлення рогівки та покращенню стабільності рефракційного ефекту.

Методика лазерної корекції зору методом LASEK

Лазерна корекція зору методом LASEK (Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy) є сучасним і високоточним способом усунення аномалій рефракції. Даний метод поєднує в собі переваги технології PRK (Photorefractive Keratectomy) та LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis), забезпечуючи високу ефективність і мінімізуючи ризики ускладнень, пов'язаних із формуванням рогівкового клаптя.

Оперативне втручання проводиться під місцевою інстиляційною анестезією для зниження дискомфорту пацієнта. Для цього використовують 0,4% розчин оксибупрокаїну гідрохлориду, який наноситься у вигляді крапель на поверхню рогівки. Це дозволяє забезпечити необхідний рівень знеболення без потреби у загальній анестезії. Перед початком хірургічного втручання операційне поле ретельно обробляється антисептичними засобами. Для додаткового забезпечення стерильності перед початком процедури кон'юнктивальну порожнину промивають водним розчином бетадину. Це дозволяє знизити ризик інфекційних ускладнень у післяопераційному періоді.

Після накладання стерильного офтальмологічного простирадла та встановлення повікорозширювача для зручного доступу до операційного поля, переходять безпосередньо до етапу розм'якшення епітеліального шару. Для

цього на поверхню рогівки накладається 20% розчин етанолу, який рівномірно розподіляється у спеціальному кільці. Даний розчин сприяє тимчасовому розпушенню епітелію, що дозволяє його акуратно відділити без пошкодження базальної мембрани. Час експозиції спиртового розчину становить 20–30 секунд, після чого його ретельно змивають стерильним розчином збалансованої сольової рідини.

За допомогою спеціального інструмента, такого як офтальмологічний шпатель або механічний епітеліальний сепаратор, хірург обережно відокремлює епітеліальний шар рогівки, залишаючи його у вигляді цілісного клаптя. Цей епітеліальний клапот тимчасово відсувають убік, забезпечуючи доступ до підлеглої строми рогівки.

Наступним етапом є власне лазерна корекція. Для цього використовується ексимерний лазер Allegretto Wave Light EX 500 (Alcon, США), який забезпечує високу точність випаровування тканини рогівки. Лазерний промінь діє на поверхню рогівки, видаляючи необхідний шар тканини для зміни її кривизни відповідно до розрахованої рефракційної моделі. Тривалість лазерного впливу залежить від ступеня аномалії рефракції і зазвичай не перевищує 20–30 секунд. У процесі лазерного впливу використовується система активного відстеження положення ока (eye-tracking system), що дозволяє мінімізувати похибки та забезпечити високу точність корекції. Після завершення лазерного етапу хірург обережно повертає епітеліальний клапот на місце. Це дозволяє прискорити процес загоєння та знизити післяопераційний дискомфорт. Оскільки епітелій частково збережений, пацієнти відзначають меншу болісність у порівнянні з традиційним методом PRK, де епітелій видаляється повністю. Для захисту рогівки та забезпечення комфортного післяопераційного періоду на око накладається спеціальна терапевтична контактна лінза. Вона виконує функцію тимчасового захисного покриття та сприяє швидкій регенерації епітелію. Терапевтична лінза залишається на оці протягом 3–5 днів, після чого її знімають під наглядом лікаря.

Післяопераційний період передбачає використання медикаментозної підтримки, зокрема антибактеріальних, нестероїдних протизапальних препаратів на етапі епітелізації рогівки, далі після повної епітелізації на 7-й день призначається додатково розчин дексаметазону і зволожувальних очних крапель. Пацієнтам рекомендується обмежити фізичні навантаження, уникати контакту з водою та пилом у перші дні після операції, а також дотримуватися рекомендацій офтальмолога для забезпечення оптимального відновлення зору.

Методика лазерної корекції зору методом FEMTO-LASIK та LASIK

Підготовка до оперативного втручання.

Оперативне лікування проводиться під місцевою інстиляційною анестезією за допомогою 0,4% розчину оксибупрокаїну гідрохлориду, що дозволяє усунути больові відчуття. Для забезпечення стерильності операційне поле тричі обробляють 70% спиртовим розчином. Після накладання стерильного офтальмологічного простирадла встановлюють повікорозширювач для забезпечення оптимального доступу до рогівки. Перед початком процедури кон'юнктивальну порожнину промивають водним розчином бетадину, що знижує ризик інфекційних ускладнень у післяопераційному періоді. Метод LASIK складається з двох основних етапів:

1. Створення рогівкового клаптя:

Для формування рогівкового клаптя використовується мікрокератом – механічний хірургічний інструмент, який створює тонкий рогівковий клапоть товщиною близько 130-160 мікрон.

Мікрокератом виконує високоточний зріз передньої частини рогівки, залишаючи клапоть прикріпленим до рогівки одним краєм. Після створення клаптя хірург обережно його піднімає, відкриваючи доступ до стромального шару рогівки.

2. Корекція форми рогівки:

Після підняття клаптя застосовується ексимерний лазер Allegretto Wave

Light EX 500 (Alcon, США). Лазер випаровує мікроскопічні шари рогівкової тканини відповідно до індивідуальних параметрів пацієнта, змінюючи кривизну рогівки для корекції зору. Час впливу лазера зазвичай триває кілька секунд і залежить від ступеня рефракційного порушення. Після завершення лазерної абляції рогівковий клапоть повертається на місце, де він природно прикріплюється без потреби у швах. Переваги методу LASIK включають швидке відновлення зору, мінімальний дискомфорт у післяопераційний період і стабільні результати.

Виконання корекції методом Femto -LASIK

Метод Femto -LASIK є вдосконаленою версією LASIK, що використовує фемтосекундний лазер для створення рогівкового клаптя, забезпечуючи ще більшу точність і безпеку процедури. Основні етапи цього методу:

1. Створення рогівкового клаптя за допомогою фемтосекундного лазера:

- Для розрізу рогівки використовується фемтосекундний лазер VisuMax (Carl Zeiss Meditec, Німеччина).
- Лазер генерує ультракороткі імпульси тривалістю в кілька фемтосекунд, створюючи тисячі мікроскопічних бульбашок у стромальному шарі рогівки.
- Ці бульбашки формують точний та рівномірний зріз рогівки товщиною близько 100-120 мікрон.
- Після завершення роботи лазера хірург механічно піднімає клапоть, відкриваючи доступ до внутрішніх шарів рогівки.

2. Корекція форми рогівки:

- Як і в методі LASIK, на даному етапі використовується ексимерний лазер Allegretto Wave Light EX 500 (Alcon, США).
- Лазер з високою точністю моделює рогівку, видаляючи мікроскопічні шари тканини для досягнення необхідної оптичної сили.
- Після завершення абляції клапоть повертається на місце, де швидко прикріплюється без необхідності накладення швів завдяки природному процесу адгезії рогівкових клітин.

Післяопераційний період



Після операції пацієнтам призначають антибактеріальні та протизапальні очні краплі для профілактики інфекцій та зменшення запалення. У перші дні необхідно уникати фізичних навантажень, контакту з водою та тертя очей. Відновлення зору відбувається досить швидко – більшість пацієнтів відзначають значне покращення вже в перші 24 години після процедури.

Методика лазерної корекції зору методом ReLEx SMILE

Метод ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction) є однією з найсучасніших і мінімально інвазивних технологій лазерної корекції зору, що дозволяє коригувати короткозорість і астигматизм без необхідності створення рогівкового клаптя. Ця методика базується на використанні фемтосекундного лазера для формування лентикули всередині рогівки з подальшим її видаленням через невеликий мікророзріз, що значно знижує ризик післяопераційних ускладнень і забезпечує швидке відновлення зору.

Підготовчий етап

Оперативне втручання виконується під місцевою інстиляційною анестезією для забезпечення комфортного перебігу процедури та усунення больових відчуттів. Для цього застосовується 0,4% розчин оксибупрокаїну гідрохлориду, який у кілька етапів закапують у кон'юнктивальний мішок ока. Після цього операційне поле ретельно обробляється 70% спиртовим розчином для антисептичної дезінфекції, що повторюється тричі поспіль.

Далі накладається стерильне офтальмологічне простираadlo, що забезпечує ізоляцію оперованого ока, і встановлюється повікорозширювач для запобігання мимовільному морганню та забезпечення вільного доступу до рогівки. Перед початком процедури проводиться промивання кон'юнктивальної порожнини водним розчином бетадину для додаткової антисептичної обробки.

Для запобігання рухам ока під час операції використовується спеціальний вакуумний фіксатор, який обережно утримує око в стабільному положенні. Це забезпечує високу точність і безпеку лазерного впливу. Пацієнту рекомендується зосередити погляд на спеціальному світлі або мішені, що сприяє кращій фіксації ока під час процедури.

Корекція зору методом ReLEx SMILE відбувається у два ключові етапи:

1.Формування лентикули.

-Фемтосекундний лазер VisuMax (Carl Zeiss Meditec, Німеччина) виконує двошаровий лазерний розріз всередині рогівки, створюючи лентикулу – тонку лінзоподібну ділянку тканини.

-Лазерний промінь генерує два точні розрізи: один визначає передню поверхню лентикули, інший – задню поверхню. Таким чином, лентикулу повністю відокремлюють від навколишньої рогівкової тканини без порушення цілісності верхнього шару рогівки.

-Ця процедура займає лише кілька секунд і здійснюється з високою точністю, що забезпечує рівномірний та гладкий розріз.

2.Видалення лентикули та зміна форми рогівки.

-Після завершення лазерної фази хірург переходить до видалення лентикули.

-Фемтосекундний лазер створює невеликий мікророзріз довжиною 2-4 мм у периферичній частині рогівки, через який здійснюється доступ до лентикули.

-За допомогою спеціальних мікрохірургічних інструментів хірург делікатно відокремлює лентикулу від навколишніх тканин рогівки, забезпечуючи її повне вивільнення.

-Через мікророзріз лентикулу акуратно витягують з рогівки, що змінює її кривизну і дозволяє усунути рефракційну аномалію. Хірург уважно перевіряє правильність формування нової поверхні рогівки, забезпечуючи її гладкість і точність корекції. Після видалення лентикули мікророзріз у рогівці не потребує накладання швів, оскільки він дуже малий і природним чином закривається протягом кількох днів завдяки регенеративним властивостям рогівкової тканини. Пацієнту призначають антибактеріальні та зволожувальні очні краплі для профілактики інфекцій та пришвидшення загоєння. У перші кілька днів після операції рекомендується уникати фізичних навантажень, контакту з водою, пилом та яскравого світла.

Більшість пацієнтів відзначають значне покращення зору вже через 24-48 годин після операції, хоча остаточна стабілізація зору може зайняти кілька тижнів.

2.4 Методи статистичних досліджень

Статистична та графічна обробка результатів здійснювалася на персональному комп'ютері за допомогою стандартних алгоритмів варіаційної статистики. Для збереження та подальшої обробки даних було створено електронну базу у форматі таблиць у програмі «Microsoft Excel 2010». Статистичні й графічні розрахунки проводилися із застосуванням ліцензованого програмного забезпечення Statistica 13.0 (StatSoft Inc., ліцензія JPZ8041382130ARCN10) на кафедрі охорони здоров'я, соціальної медицини та лікарсько-трудової експертизи Запорізького державного медико-фармацевтичного університету.

Нормальність розподілу варіаційного ряду оцінювали за допомогою критеріїв Колмогорова-Смірнова, Ліллієфорса і Шапіро-Уїлка. Значущими відхилення від нормального розподілу вважали при $p < 0,05$ для критеріїв Ліллієфорса і Шапіро-Уїлка та при $p < 0,2$ для критерію Колмогорова-Смірнова. За результатами тестування було виявлено, що більшість кількісних змінних мають розподіл, який відрізняється від нормального. Тому для описової статистики використовували медіану (Me), середнє арифметичне (M) та стандартну похибку (m).

Результати були представлені у вигляді таблиць, лінійних, стовпчикових діаграм та діаграм розмаху середніх значень. Для порівняння кількісних показників у парних рядах застосовувався t-критерій Стюдента за умови нормального розподілу. Для порівняння середніх значень у двох незалежних групах використовували U-критерій Манна-Уїтні, а для аналізу динаміки середніх значень у досліджуваних групах – T-критерій Вілкоксона для залежних вибірок. Статистично значущими відмінностями вважали ті, де $p < 0,05$.

РОЗДІЛ 3

ДИНАМІКА ЗОРОВИХ ФУНКЦІЙ ТА ПОКАЗНИКІВ РЕФРАКТОМЕТРІЇ У ПАЦІЄНТІВ З МІОПІЄЮ ТА МІОПІЧНИМ АСТИГМАТИЗМОМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТОДІВ LASEK, LASIK, FEMTO-LASIK TA ReLEx SMILE

Прогнозованість результатів лазерної корекції міопії та міопічного астигматизму є одним з ключових аспектів, що впливає на вибір методів хірургічного втручання. Сучасні методи, такі як LASEK, Femto -LASIK і ReLEx SMILE, дозволяють досягати високих показників гостроти зору та стабільних результатів. Проте кожен з цих методів має свої особливості, які можуть впливати на точність і довготривалість корекції.

Метод LASEK (Laser-Assisted Sub-Epithelial Keratectomy) залишається популярним завдяки своїй менш інвазивній техніці, яка передбачає видалення епітелію рогівки, після чого проводиться лазерна абляція. Цей метод має менший вплив на глибокі шари рогівки, що дозволяє мінімізувати ризики ускладнень, однак період реабілітації може бути тривалішим, ніж у новіших методів, таких як Femto - LASIK і ReLEx SMILE [113].

Метод Femto -LASIK є вдосконаленою формою LASIK, де для створення рогівкового клаптя використовується фемтосекундний лазер, що забезпечує високу точність процедури і дозволяє досягати більш передбачуваних результатів. Femto -LASIK є більш поширеним методом для пацієнтів з міопією високого ступеня та міопічним астигматизмом, оскільки він демонструє стабільні та прогнозовані результати навіть у складних [114].

Найновіша технологія – ReLEx SMILE (Small Incision Lenticule Extraction) – є мінімально інвазивним методом, що передбачає видалення лентикули через малий розріз, зберігаючи більшу частину рогівкової тканини. Це сприяє зменшенню впливу на біомеханічну стабільність рогівки та знижує ризик ускладнень, таких як сухість очей [115]. Однак, ReLEx SMILE може бути менш

ефективним при корекції високих ступенів астигматизму, ніж Femto -LASIK, що обмежує його використання в певних клінічних випадках.

Загалом, усі три методи лазерної корекції забезпечують високий рівень прогнозованості результатів за умови правильного відбору пацієнтів і врахування індивідуальних особливостей їхніх рогівкових характеристик. Сучасні дослідження підтверджують ефективність цих методів у довгостроковій перспективі, що робить їх провідними технологіями в галузі рефракційної хірургії [116].

В даному розділі представлено результати спостереження за 100 пацієнтами (192 ока). За статтю: чоловіків – 46 (46 %) , жінок – 54 (54 %). За віком від 19 до 37 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.).

Фемтосекундні втручання виконувалися на лазері Visumax (Carl Zeiss Mediatec, Німеччина). Ексимерлазерна частина корекції за методом FEMTO-LASIK та LASEK виконувалися на лазері Allegretto Wave Light EX 500 (Alcon, США).

Досліджувані пацієнти були розподілені на 3 групи в залежності від обраного методу корекції аномалій рефракції. *Перша група* включала обстеження 31 пацієнтів (53 ока), з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методом LASEK (laser epithelial keratomileusis). Серед них на 18 очах (34 %) міопія середнього ступеню і на 35 очах (66 %) міопія слабкого ступеню. Серед пацієнтів було 14 чоловіків (45,2 %) та 17 жінок (54,8 %) у віці від 18 до 43 років (середній вік $25 \pm 2,5$). *Другу групу* склали 44 пацієнти (80 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методами LASIK та FEMTO-LASIK. Всі прооперовані пацієнти другої групи були розподілені на 2 підгрупи. До 1 підгрупи включені 29 пацієнтів (50 очей), яким була виконана корекція зору методом LASIK (laser in situ keratomileusis). Серед на 19 очах (34 %) - середнього ступеня і на 31 оці (66 %) - міопія слабкого ступеня. До 2 підгрупи були віднесені 15 пацієнтів (30 очей), яким була проведена корекція зору методом FEMTO-LASIK. Серед них на 15 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня та на 15 очах

(50 %) — міопія середнього ступеня. Серед пацієнтів було 20 чоловіків (45,4 %) та 24 жінки (54,6 %) віком від 19 до 38 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ р.). До *третьої групи* входили 25 пацієнтів (50 очей з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була виконана корекція зору методом ReLEx SMILE. Серед них на 25 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня, на 25 очах (50 %) — середнього ступеня. Серед пацієнтів було 11 чоловіків (44 %) та 14 жінки (56 %) віком від 19 до 37 років (середній вік $25,2 \pm 1,5$ р.) таб 3.1.

Досліджувані групи були співставимі між собою за статтю та віком, некоригованою гостротою зору та рефракцією за вихідними даними.

Таблиця 3.1 -Розподіл пацієнтів за статтю та за віком ($M \pm m$, %)

Ознаки	Групи порівняння			
	Перша група (LASEK)	Друга група (LASIK та FEMTO- LASIK)		Третя група ReLEx SMILE
		LASIK перша підгрупа	FEMTO- LASIK друга підгрупа	
Кількість пацієнтів (n)	31	29	15	25
Кількість очей (n)	53	50	30	50
Вік: середній (р.) Діапазон віку (р.)	$25 \pm 2,5$ від 18 до 37	$27,28 \pm 1,08$ від 19 до 38	$27,28 \pm 1,08$ від 19 до 38	$25,2 \pm 1,5$ від 19 до 37
Стать: чоловіки жінки	14(45,2%) (54,8%)	20 (45,4 %) 24 (54,6 %)	20 (45,4 %) 24 (54,6 %)	11 (44 %) 14 (56%)

Примітка: достовірної різниці між показниками пацієнтів груп дослідження не отримано

Стандартний післяопераційний супровід включав місцеве застосування стероїдних протизапальних засобів, антибактеріальних препаратів та натрію гіалуронату (0,15 %) у вигляді очних крапель.

Під час проведення лазерної корекції найоптимальнішим вважався результат, за якого гострота зору після операції відповідала показникам з максимальною корекцією (табл. 3.2). Як свідчать наведені у таблиці дані, всі пацієнти демонстрували досить високий рівень гостроти зору з корекцією, що варіювався від $0,87 \pm 0,05$ Од до $0,98 \pm 0,03$ Од. Це дозволяло очікувати сприятливий рефракційний ефект післяопераційного періоду.

Таблиця 3.2- Максимальна коригована гострота зору до оперативного втручання в залежності від ступеню міопії та вибору методу корекції ($M \pm m$)

Перша група (LASEK)		Друга група (LASIK та FEMTO- LASIK)				Третя група ReLEx SMILE	
		LASIK перша підгрупа		FEMTO- LASIK друга підгрупа			
Міопія слабко гоступ еня (n=35)	Міопія середн ього ступен я (n=18)	Міопія слабког о ступеня (n=31)	Міопія середн ього ступен я (n=19)	Міопія слабко гоступе ня (n=15)	Міопі я серед нього ступе ня (n=15)	Міопія слабког о ступеня (n=25)	Міопія середньо го ступеня (n=25)
$0,88 \pm 0,05$	$0,87 \pm 0,03$	$0,95 \pm 0,01$	$0,85 \pm 0,05$	$0,98 \pm 0,003$	$0,96 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,001$	$0,95 \pm 0,01$

Примітка: достовірної різниці між показниками пацієнтів груп дослідження не отримано

Результати хірургічного втручання продемонстрували суттєве покращення гостроти зору у всіх прооперованих очах, що представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 -Динаміка некоригованої гостроти зору після лазерної корекції в залежності від ступеню міопії та методами LASEK, LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE (M $\pm$ m)

Строки спостереження	LASEK (Міопія слабкого ступеня, n=35)	LASEK (Міопія середнього ступеня, n=18)	LASIK (Міопія слабкого ступеня, n=31)	LASIK (Міопія середнього ступеня, n=19)	Femto - LASIK (Міопія слабкого ступеня, n=15)	Femto - LASIK (Міопія середнього ступеня, n=15)	ReLEx SMILE (Міопія слабкого ступеня, n=25)	ReLEx SMILE (Міопія середнього ступеня, n=25)
До операції	0,2 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,009	0,14 $\pm$ 0,03	0,08 $\pm$ 0,006	0,10 $\pm$ 0,006	0,06 $\pm$ 0,003	0,19 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,001
Через 1 день після операції	0,7 $\pm$ 0,03	0,6 $\pm$ 0,06	0,85 $\pm$ 0,03	0,83 $\pm$ 0,03	0,89 $\pm$ 0,01	0,95 $\pm$ 0,01	0,89 $\pm$ 0,08	0,95 $\pm$ 0,01
Через 1 місяць після операції	0,88 $\pm$ 0,03*	0,7 $\pm$ 0,07	0,9 $\pm$ 0,03	0,85 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,05*	0,98 $\pm$ 0,07	0,98 $\pm$ 0,01*	0,95 $\pm$ 0,02
Через 6 місяців після операції	0,9 $\pm$ 0,05 $\diamond$	0,7 $\pm$ 0,08	0,99 $\pm$ 0,02 $\diamond$	0,85 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,05 $\diamond$	0,98 $\pm$ 0,08	0,98 $\pm$ 0,01 $\diamond$	0,95 $\pm$ 0,02
Через 12 місяців після операції	0,75 $\pm$ 0,15	0,7 $\pm$ 0,1 $\blacklozenge$	0,95 $\pm$ 0,02 $\blacklozenge$	0,88 $\pm$ 0,07	0,95 $\pm$ 0,006	0,9 $\pm$ 0,003	0,98 $\pm$ 0,03	0,97 $\pm$ 0,001

Примітка: всі значення після операції достовірно відрізнялися від відповідних значень до операції (p<0,05)

*достовірна різниця (p<0,05) між відповідними показниками через 1 день та через 1 місяць після операції

$\diamond$ достовірна різниця (p<0,05) між відповідними показниками через 1 день та 6 місяців після операції

$\blacklozenge$ достовірна різниця (p<0,05) між відповідними показниками через 1 день та 12 місяців після операції



Як видно з таблиці 3.3, всі значення після операції достовірно відрізнялися від відповідних значень до операції ($p < 0,05$). Так гострота зору без корекції значно покращилася вже на наступний день після операції, особливо в другій та третій групах спостереження, де лазерна корекція виконувалась методом LASIK, FEMTO- LASIK чи ReLEx SMILE. Відмічено підвищення некоригованої гостроти зору на цих очах з $0,14 \pm 0,03$ до $0,85 \pm 0,03$ Од при міопії слабкого ступеню та з $0,08 \pm 0,006$ до $0,83 \pm 0,03$ Од при міопії середнього ступеню ($p < 0,05$).

На очах, де застосовувалась технологія LASEK на наступний день після операції приріст показників гостроти зору був дещо меншим. Так показники гостроти зору збільшились з $0,2 \pm 0,02$ до $0,7 \pm 0,03$ Од при міопії слабкого ступеню та з $0,07 \pm 0,009$ до $0,6 \pm 0,06$ Од при міопії середнього ступеню. Для повного відновлення на цих очах знадобився в середньому тиждень, що пов'язано з набряком епітеліального лоскуту в ранньому післяопераційному періоді в зв'язку з пошкодженням епітеліальних клітин спиртовим розчином в процесі його формування.

Звертає на себе увагу і подальше повільніше відновлення гостроти зору при застосуванні методики LASEK. Прогнозований результат при застосуванні цієї методики був досягнутий - на 31 оці (58,5%) через місяць після операції, а через півроку прогнозована гострота зору без корекції була досягнута на 46 очах (86,8 %), цієї групи. Наведені дані свідчать про більш довгий період реабілітації при застосуванні методики Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy.

В той же час в групі, що оперувалась за методом LASIK та FEMTO- LASIK, протягом місяця після оперативного втручання прогнозований результат був досягнутий на всіх очах, 100 %.

Після проведеного хірургічного лікування методом ReLEx SMILE (3 група) гострота зору без корекції через 1 місяць становила $0,98 \pm 0,01$ Од ($p < 0,05$) при міопії слабкого ступеня та $0,98 \pm 0,07$ Од ($p < 0,05$) при міопії середнього ступеня. Через 6 та 12 місяців після втручання зберігалася висока некоригована гострота зору $0,98 \pm 0,05$ Од ($p < 0,05$) при міопії слабкого ступеня та $0,98 \pm 0,08$ Од ($p < 0,05$) при міопії середнього ступеня.

В таблиці 3.4 наведена динаміка змін показників рефракції прооперованих очей, де видно значне послаблення рефракції як по сферичному так і по циліндричному компоненту на всіх очах.

Таблиця 3.4- Зміни показників рефрактометрії після лазерної корекції в залежності від ступеню міопії та виду оперативного втручання ($M \pm m$)

Групи спостереження	Час обстеження	Міопія слабого ступеня (Sph)	Міопія слабого ступеня (cyl)	Міопія середнього ступеня (Sph)	Міопія середнього ступеня (cyl)
1	2	3	4	5	6
Перша група – LASEK	До операції	$-1,8 \pm 0,12$	$-1,2 \pm 0,07$	$-3,8 \pm 0,16$	$-1,1 \pm 0,12$
	Через 1 місяць	$-0,3 \pm 0,11^*$	$-0,4 \pm 0,08^*$	$-0,1 \pm 0,08^*$	$-0,4 \pm 0,12^*$
	Через 6 місяців	$-0,3 \pm 0,12^*$	$-0,3 \pm 0,09^*$	$-0,25 \pm 0,15^*$	$-0,4 \pm 0,12$
	Через 1 рік	$-0,3 \pm 0,12^*$	$-0,3 \pm 0,08^*$	$-0,25 \pm 0,04^*$	$-0,15 \pm 0,01^*$
Друга група, перша підгрупа- LASIK	До операції	$-1,97 \pm 0,11$	$-0,83 \pm 0,11$	$-4,25 \pm 0,23$	$-1,3 \pm 0,11$
	Через 1 місяць	$0,45 \pm 0,12^*$	$-0,6 \pm 0,11$	$-0,5 \pm 0,12^*$	$-0,65 \pm 0,09$
	Через 6 місяців	$-0,3 \pm 0,13^*$	$-0,3 \pm 0,11$	$-0,7 \pm 0,11^*$	$-0,48 \pm 0,15$
	Через 1 рік	$-0,8 \pm 0,12^*$	$-0,25 \pm 0,12$	$-0,67 \pm 0,13^*$	$-0,79 \pm 0,15$



1714651370986773

Продовження таб.3.4

1	2	3	4	5	6
Друга група, друга підгрупа- FEMTO- LASIK	До операції	-1,48±0,15	- 0,21±0,09	-4,41±0,8	-0,6±0,4
	Через 1 місяць	- 0,02±0,09*	- 0,35±0,14	- 0,03±0,09*	-0,12±0,6
	Через 6 місяців	- 0,08±0,08*	-0,4±0,2*	- 0,04±0,15*	-0,12±0,1
	Через 1 рік	- 0,08±0,12*	- 0,38±0,13	- 0,07±0,15*	-0,2±0,12
Третя група- ReLEx SMILE	До операції	-2,39±0,13	- 0,87±0,12	-4,86±0,14	-0,99±0,1
	Через 1 місяць	- 0,06±0,08*	- 0,13±0,13	- 0,07±0,06*	-0,1±0,11
	Через 6 місяців	- 0,08±0,09*	- 0,15±0,11	-0,1±0,15 *	-0,2±0,11
	Через 1 рік	-0,1±0,12*	-0,2±0,13	-0,1±0,15 *	- 0,25±0,12

Примітки: * - статистично достовірна різниця з показником до операції (p<0,05)

Аналіз показників рефракції при виконанні LASEK в першій групі показав достовірне послаблення рефракції на всіх прооперованих очах, ступінь зменшення показників рефрактометрії протягом 1 місяця після операції була 75,5 % (p<0,05) з Sph -1,8±0,12 діоптрій сул-1,2±0,07 діоптрій до Sph-0,3±0,11 діоптрій сул-0,3±0,08 діоптрій при міопії слабкого ступеня, з Sph -3,8±0,16



діоптрій $\text{cyl}-1,1\pm0,12$ діоптрій до $\text{Sph}-0,1\pm0,08$ діоптрій та $\text{cyl } 0,4\pm0,12$ діоптрій при міопії середнього ступеня, ($p<0,05$). Далі при спостереженні через 6 місяців та через 1 рік дані по рефрактометрії залишаються стабільними. При міопії слабкого ступеня $\text{Sph}-0,3\pm0,12$ діоптрій $\text{cyl}-0,3\pm0,08$ діоптрій ($p<0,05$), при міопії середнього ступеня $\text{Sph } -0,25\pm0,04$ діоптрій $\text{cyl}-0,15\pm0,01$ діоптрій, ($p<0,05$).

Показники рефрактометрії протягом першого місяця після операції в другій групі першій підгрупі на очах, де було проведено LASIK зменшились на $3,7 \pm 0,12$ діоптрій по сфері та $0,7 \pm 0,12$ діоптрій по циліндру при міопії середнього ступеня та $1,5 \pm 0,11$ діоптрій по сфері та на $0,8 \pm 0,07$ діоптрій по циліндру при міопії слабкого ступеню (у всіх випадках різниця показників достовірна, $p < 0,05$). Загалом послаблення рефракції відбулося в середньому на 84% ($p<0,05$) з $\text{Sph } -1,97\pm0,11$ діоптрій $\text{cyl}- 0,83\pm0,11$ діоптрій до $\text{Sph } -0,45\pm0,12$ діоптрій $\text{cyl}-0,6\pm0,11$ діоптрій при міопії слабкого ступеня, з $\text{Sph } -4,25\pm0,23$ діоптрій $\text{cyl}-1,3\pm0,11$ діоптрій до $\text{Sph}-0,5\pm0,12$ діоптрій $\text{cyl } -0,65\pm0,09$ діоптрій при міопії середнього ступеня, ($p<0,05$). При спостереженні через 1 рік відмічається незначне підвищення рефракції $-0,8\pm0,12$ діоптрій ($p < 0,05$) при міопії слабкого ступеня, та $-0,67\pm0,13$ діоптрій ($p < 0,05$) при міопії середнього ступеня.

Показники рефрактометрії протягом першого місяця після операції в другій групі другій підгрупі на очах, де було проведено Femto-LASIK зменшились на $1,6 \pm 0,12$ діоптрій по сфері по циліндру дані залишилися сталими при міопії слабкого ступеня та $4,6 \pm 0,1$ діоптрій по сфері та на $0,48 \pm 0,07$ діоптрій по циліндру при міопії середнього ступеня (у всіх випадках різниця показників достовірна, $p < 0,05$). Загалом послаблення рефракції відбулося в середньому на 87 % ($p<0,05$) з $\text{Sph } -1,48\pm0,15$ діоптрій $\text{cyl } -0,21\pm0,09$ діоптрій до $\text{Sph } -0,02\pm0,09$ діоптрій $\text{cyl}-0,35\pm0,14$ діоптрій при міопії слабкого ступеня, з $\text{Sph } -4,41\pm0,8$ діоптрій $\text{cyl}-0,6\pm0,4$ діоптрій до $\text{Sph}-0,03\pm0,09$ діоптрій $\text{cyl } -0,12\pm0,6$ діоптрій при міопії середнього ступеня, ($p<0,05$). Далі при спостереженні через 6 місяців та через 1 рік данні по рефрактометрії залишаються стабільними.

Аналіз показників рефракції при виконанні ReLEx SMILE в третій групі показав також достовірне послаблення рефракції на всіх прооперованих очах, ступінь зменшення показників рефрактометрії протягом 1 місяця після операції була 85,5 % ($p<0,05$) з Sph $-2,39\pm 0,13$ діоптрій cyl $-0,87\pm 0,12$ діоптрій до Sph $-0,06\pm 0,08$ діоптрій cyl $0,13\pm 0,13$ діоптрій при міопії слабкого ступеня, з Sph $-4,86\pm 0,14$ діоптрій cyl $-0,99\pm 0,1$ діоптрій до Sph $-0,07\pm 0,06$ діоптрій cyl $0,1\pm 0,11$ діоптрій при міопії середнього ступеня, ($p<0,05$). Далі при спостереженні через 6 місяців та через 1 рік дані по рефрактометрії залишаються стабільними. При міопії слабкого ступеня Sph $-0,1\pm 0,15$ діоптрій cyl $-0,2\pm 0,13$ діоптрій ($p<0,05$), при міопії середнього ступеня Sph $-0,1\pm 0,15$ діоптрій cyl $-0,25\pm 0,2$ діоптрій, ($p<0,05$).

Надалі нас цікавило, чи на всіх прооперованих очах досягнутий рефракційний результат залишався стабільним. Проведений в цьому напрямку аналіз показав, що на очах, які були прооперовані за методом ReLEx SMILE чи Femto -LASIK досягнута гострота зору та показники рефракції зберігалися протягом року без змін (табл. 3.5).

Таблиця 3.5- Рефракційний регрес та передньо-задній розмір ока у пацієнтів після лазерної корекції в залежності від ступеню міопії та виду оперативного втручання протягом року спостереження ($M\pm m$)

Показник	Термін спостереження	1 група LASEK, n=53	1 підгрупа, 2 група, LASIK, n=50	2 підгрупа, 2 група Femto-LASIK, n=30	3 група ReLEx SMILE, n=50
Регрес рефракції(sph> -0,75 Д)	Через 1 рік після операції	7,5 %(4 ока)	10%(5 очей)	-	-
ПЗР, мм	До операції	23,27 $\pm$ 0,08	24,43 $\pm$ 0,12	23,56 $\pm$ 0,11	24,39 $\pm$ 0,09
	Через 1 рік після операції	24,29 $\pm$ 0,1	24,44 $\pm$ 0,11	23,58 $\pm$ 0,15	24,4 $\pm$ 0,1

Примітка: всі значення ПЗР до операції після достовірно не відрізнялися від відповідних значень через 1 рік після операції ($p>0,05$)

На деяких очах, прооперованих методами LASIK та LASEK через 12 місяців після операції відмічалось зниження гостроти зору та підсилення

рефракції, що розцінювалось нами як регрес рефракційного ефекту. До ознак регресу нами було віднесено підсилення рефракції більше ніж на 0,5 Д та зниження коригованої гостроти зору на 1 рядок і більше. З таблиці 3.5 видно, що рефракційний регрес через 1 рік після оперативного лікування спостерігався на 4 очах (7,5 %), прооперованих методом LASEK та на 5 очах (10 %), прооперованих методом LASIK.

Відомо, що рефракційний регрес в пізньому післяопераційному періоді може бути пов'язаний як з подальшим прогресуванням міопії так і з особливостями ремоделювання рогівки протягом часу. Подальший аналіз показників передньо-заднього розміру, що є основним показником прогресування короткозорості, показав, що вони не відрізнялися між собою на доопераційному етапі і через рік після рефракційної хірургії. Тобто, регрес рефракційного ефекту на цих очах не пов'язаний з прогресуванням міопії, а викликаний іншими факторами, що будуть розглянуті в подальших розділах роботи.

Резюме до розділу 3

Таким чином, на підставі аналізу матеріалу про рефракційні результати лазерної корекції міопії та міопічного астигматизму, викладеному в даному розділі, було встановлено що згідно з отриманими даними, всі досліджувані групи продемонстрували значне поліпшення рефракції після проведених операцій.

Результати спостережень дозволили визначити ефективність кожного методу, а також порівняти швидкість відновлення зору та стабільність рефракційного ефекту протягом 12 місяців після операції. Гострота зору без корекції є одним з основних показників успішності лазерної корекції. Дані дослідження демонструють більш швидке відновлення зорових функцій при використанні методів LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE, де максимальний приріст гостроти зору відмічався вже на наступний день після операції.

При використанні методу LASEK відновлення зорових функцій відбувається значно повільніше, хоча вже на наступний день реєструється їх

значне підвищення, але прогнозований результат досягається лише через тиждень після оперативного втручання. Це пов'язано із набряком епітеліального лоскуту в ранньому післяопераційному періоді внаслідок ушкодження клітин епітелію рогівки спиртовим розчином під час операції при застосуванні технології LASEK.

Аналіз показників рефракції на досліджуваних очах показав, що, незалежно від обраного методу корекції LASEK, LASIK, Femto -LASIK чи ReLEx SMILE вдається досягти значного послаблення рефракції після операції. І саме це є ключовим показником ефективності хірургічного втручання. Не зважаючи на те, якими були висхідні показники сферичного та циліндричного компоненту, в післяопераційному періоді на всіх очах вдалося досягти майже еметропічної рефракції з похибкою -0,3-0,8 діоптрій по сфері та - 0,25- 0,5 діоптрій по циліндру, що не впливало на якість та гостроту зору.

Прогнозована гострота зору через 1 місяць після операції була досягнута у 58,5 % пацієнтів після LASEK, у 80,7 % пацієнтів після LASIK, у 84 % пацієнтів після Femto -LASIK та у 88 % пацієнтів після ReLEx SMILE. Через 6 та 12 місяців після операції показники залишалися стабільними у групах LASIK Femto -LASIK та ReLEx SMILE, тоді як у групі LASEK відзначався незначний регрес рефракції на 0,35 діоптрій відносно показника через 1 місяць.

Таким чином, наведені в даному розділі результати досліджень підтверджують дані літератури, що технології рефракційної хірургії, що передбачають використання фемтосекудного лазера самостійно (ReLEx SMILE) чи в комплексі з ексимерним лазером (Femto -LASIK) є найбільш ефективними методами корекції міопії, забезпечуючи швидке відновлення зору, мінімальний період реабілітації та найкращу довготривалу стабільність досягнутого результату.

Матеріали розділу відображені в 1 статті [119] та 2 тезах.



РОЗДІЛ 4

ЗМІНИ ВНУТРІШНЬООЧНОГО ТИСКУ, БІОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОГІВКИ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ КОРЕКЦІЇ МІОПІЇ ТА МІОПІЧНОГО АСТИГМАТИЗМУ МЕТОДАМИ LASEK, LASIK, FEMTO - LASIK ТА ReLEx SMILE

4.1 Зміни внутрішньоочного тиску, показників корнеального гістерезису та фактору ригідності рогівки у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії в залежності від застосованого методу корекції

Однією з ключових проблем, що виникає після лазерної корекції зору, є зміна біомеханічних властивостей рогівки, зокрема зниження її міцності та еластичності. Рогівка — це основний оптичний елемент ока, і будь-які зміни в її структурі можуть вплинути на якість зору [117]. Актуальність вивчення змін біомеханіки рогівки при лазерній корекції зору є важливою темою, яка привертає увагу дослідників та рефракційних хірургів.

Сучасні дослідження зосереджені на вдосконаленні методів оцінки біомеханічних змін рогівки після лазерної корекції зору. Одним з найбільш поширених інструментів для цього є біомеханічні аналізатори, такі як Ocular Response Analyzer (ORA), що дозволяють оцінити пружні властивості рогівки та інші механічні характеристики, важливі для розуміння змін після лазерної хірургії. Найбільш вагомими показниками, які дозволяють оцінити міцнісні характеристики рогової оболонки вважаються коефіцієнт кореального гістерезису (КГ) та фактор резистентності рогівки (ФРР). Саме вони визначаються багатьма авторами ключовими параметрами для визначення біомеханічної стабільності рогівки. Проведені раніше дослідження показали, що рефракційна хірургія значно впливає на показники КГ та ФРР [118].

Методи лазерної корекції, такі як LASEK, LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE, мають свої особливості впливу на структуру рогівки. Зокрема, кожен з них по-різному змінює її геометрію, що може позначатися на оптичних

властивостях та стійкості рефракційних показників у довгостроковій перспективі. Тому вивчення біомеханічних змін рогівки після лазерної корекції зору є актуальним для забезпечення високої якості зору у пацієнтів, зменшення ризиків ускладнень та доцільному виборі методу корекції, що й зумовило актуальність подальшого вивчення цього напрямку. Детальний аналіз та порівняння впливу різних методів корекції на топографію рогівки дозволить оптимізувати вибір хірургічного підходу залежно від індивідуальних особливостей пацієнта та сприяти покращенню клінічних результатів. Як зазначено в ряді досліджень, аналіз змін показників кератотопографії після лазерної корекції допомагає виявити не лише ефективність методу, але й потенційні ризики, пов'язані з нестабільністю рогівки та регресом досягнутого рефракційного ефекту.

В даному розділі представлені результати вивчення змін внутрішньо очного тиску, рогівково-компенсованого очного тиску, показника кореального гістерезису та фактору резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом до та після виконання лазерної корекції зору методами LASEK, LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE.

Як вже зазначалося вище, всі досліджувані пацієнти були розподілені на 3 групи в залежності від обраного методу корекції аномалій рефракції (табл. 4.1.1).

Перша група включала обстеження 31 пацієнта (53 ока), з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методом LASEK (laser epithelial keratomileusis). Серед них на 18 очах (34%) була міопія середнього ступеню і на 35 очах (66 %) міопія слабого ступеню. Серед пацієнтів було 14 чоловіків (45,2 %) та 17 жінок (54,8 %) у віці від 18 до 3.17 років (середній вік $25 \pm 2,5$ р.).

Другу групу склали 44 пацієнти (80 очей) з міопією різного ступеня і міопічним астигматизмом, яким була проведена корекція зору методами LASIK та FEMTO-LASIK. Всі прооперовані пацієнти другої групи були розподілені на 2 підгрупи. До 1 підгрупи включені 29 пацієнтів (50 очей), яким була виконана корекція зору методом LASIK (laser in situ keratomileusis). Серед наих на 19 очах

(34%) – була міопія середнього ступеня і на 31 оці (66%) - міопія слабкого ступеня. До 2 підгрупи були віднесені 15 пацієнтів (30 очей), яким була проведена корекція зору методом FEMTO-LASIK. Серед них на 15 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня та на 15 очах (50 %) — міопія середнього ступеня. Серед пацієнтів було 20 чоловіків (45,4 %) та 24 жінки (54,6 %) віком від 19 до 38 років (середній вік $27,28 \pm 1,08$ року).

До *третьої групи* ввійшли 25 пацієнтів (50 очей), яким була виконана корекція зору методом ReLEx SMILE. Серед них на 25 очах (50 %) була міопія слабкого ступеня, на 25 очах (50 %) — середнього ступеня. Серед пацієнтів було 11 чоловіків (44 %) та 14 жінки (56%) віком від 19 до 37 років (середній вік $25,2 \pm 1,5$ р.). Досліджувані групи були співставимі між собою за статтю та віком, некоригованою гостротою зору та рефракцією за вихідними даними.

Таблиця 4.1.1- Розподіл пацієнтів за статтю та за віком ($M \pm m$, %)

Ознаки	Групи порівняння			
	Перша група (LASEK)	Друга група (LASIK та FEMTO- LASIK)		Третя група ReLEx SMILE
		LASIK перша підгрупа	FEMTO- LASIK друга підгрупа	
Кількість пацієнтів (n)	31	29	15	25
Кількість очей (n)	53	50	30	50
Вік: середній (р.) Діапазон віку (р.)	$25 \pm 2,5$ від 18 до 37	$27,28 \pm 1,08$ від 19 до 38	$27,28 \pm 1,08$ від 19 до 38	$25,2 \pm 1,5$ від 19 до 37
Стать: чоловіки жінки	14(45,2%) (54,8%)	20 (45,4 %) 24 (54,6 %)	20 (45,4 %) 24 (54,6 %)	11 (44 %) 14 (56%)

Стандартний післяопераційний супровід включав місцеве застосування стероїдних протизапальних засобів, антибактеріальних препаратів та натрію гіалуронату (0,15 %) у вигляді очних крапель.

Було проведено дослідження змін внутрішньоочного тиску та біомеханічних характеристик рогівки на оперованих очах. Результати, отримані за допомогою аналізатора біомеханічних властивостей рогівки (ORA), дозволили оцінити зміну таких параметрів, як корнеальний гістерезис, фактор резистентності рогівки та внутрішньоочний тиск представлені в таблиці 4.1.2 та таблиці 4.2.2.

Таблиця 4.1.2- Показники офтальмотонусу на очах з міопією та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії методами LASEK, LASIK, FEMTO- LASIK та ReLEx SMILE($M \pm m$).

Період спостереження		До операції	Через 1 місяць після операції	Через 6 місяців після операції	Через 1 рік після операції
Групи спостереження, показники					
1	2	3	4	5	6
ВОТ за Гольдманом (мм рт. ст)	1 група (LASEK), n=53	14,5±0,3	12,3±0,4	11,9±0,7	12,1±0,5
	2 група 1ша підгрупа (LASIK), n=50	14,6±0,4	9,4±0,6*	10,8±0,6□	11,7±0,7◇
	2 група 2га підгрупа (Femto-LASIK), n=30	15,5±0,6	12,8±0,7*	12,4±0,3□	12,7±0,2◇
	3 група (ReLEx SMILE), n=50	14,8±0,2	10,4±0,2*	10,9±0,6□	11,1±0,4◇

Продовження таб. 4.1.2

1	2	3	4	5	6
Рогівково-компенсований BOT (мм рт. ст)	1 група (LASEK), n=53	14,9±0,3	13,9±0,8	14,5±0,4	14,5±0,3
	2 група 1-ша підгрупа (LASIK), n=50	14,5±0,7	13,5±0,7	13,1±0,7	11,7±0,8◇
	2 група 2-га підгрупа (FEMTO- (LASIK), n=30	15,5±0,6	13,9±0,5	13,1±0,4	11,1±0,6◇
	3 група (ReLEx SMILE), n=50	14,8±0,5	13,3±0,6	12,4±0,7	11,9±0,5◇

Примітки: *достовірна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками до операції та через 1 місяць після операції

□ достовірна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками до операції та через 6 місяців після операції

◇ достовірна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками до операції та через 1 рік після операції

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що на всіх прооперованих очах має місце зниження BOT за Гольдманом в ранньому післяопераційному періоді. Однак достовірна різниця цих показників відмічена лише на очах, що оперувалися методами LASIK, FEMTO- LASIK та RELEX SMILE. Так, BOT за Гольманом через 1 місяць після операції в 2 групі 1-й підгрупі знизився на 35,6 % (з 14,6±0,4 мм.рт.ст. до 9,4±0,3 мм.рт.ст. ($p < 0,05$)). Вказані показники декілька відновлюються через 6 місяців та через 1 рік спостереження (10,8±0,6 та 11,7±0,7 мм.рт.ст. відповідно), але залишаються достовірно нижчими за висхідні значення. Дещо менше, але достовірне зниження показників внутрішньоочного тиску за Гольдманом через 1 місяць після операції спостерігалось і на очах 2-ї групи 2-ї підгрупи, де корекція виконувалась за методом FEMTO- LASIK. Внутрішньоочний тиск на цих очах



знизився на 17,4 % (з $15,5 \pm 0,6$ мм.рт.ст. до $12,8 \pm 0,8$ мм.рт.ст. ($p < 0,05$)), через 6 місяців та 1 рік спостереження показники залишалися на тому самому рівні - $12,4 \pm 0,3$ мм.рт.ст. та $12,7 \pm 0,2$ мм.рт.ст. відповідно.

Відмічено також достовірне зниження показників внутрішньоочного тиску за Гольдманом на 29,7 % через 1 місяць в 3-й групі спостереження, де оперативне лікування виконувалося методом ReLEx SMILE, а саме з $14,8 \pm 0,2$ мм.рт.ст. до оперативного втручання до $10,4 \pm 0,2$ мм.рт.ст на ($p > 0,05$). Через 6 місяців після рефракційного втручання BOT залишався на рівні показників через 1 місяць, а саме - $10,9 \pm 0,6$ мм.рт.ст. і починав відновлюватися лише через 1 рік після операції - $11,1 \pm 0,4$ мм.рт.ст., все одно залишаючись достовірно нижче доопераційних значень.

Найменше показники BOT за Гольдманом знизились в 1 групі, де корекція виконувалася методом LASEK – на 15,2 % (різниця не достовірна). Так через 1 місяць після операції згадані показники зменшилися з $14,5 \pm 0,3$ мм.рт.ст. до $12,3 \pm 0,4$ мм.рт.ст. ($p > 0,05$), а через 6 місяців та через 1 рік спостереження були на рівні $11,9 \pm 0,7$ мм.рт.ст. та $12,1 \pm 0,5$ мм.рт.ст. відповідно.

Відомо, що показники BOT мають чітку залежність від товщини рогівки. Так як результатом всіх рефракційних втручань є зменшення товщини рогівки, за рахунок чого досягається її сплюснення та досягається рефракційний результат, то особливого значення в цьому аспекті набувають показники рогівково-компенсованого внутрішньоочного тиску (РГ BOT), які вираховуються автоматично з урахуванням товщини рогової оболонки та її ригідності. Показники рогівково-компенсованого BOT, як правило, декілька нижче, ніж показники BOT за Гольдманом. В нашому дослідженні зміни рогівково-компенсованого BOT на оперованих очах мали таку ж тенденцію як і зміни BOT за Гольдманом. Так, на очах, що були прооперовані методом LASEK через місяць після операції РК BOT становив $13,9 \pm 0,8$ мм.рт.ст. проти $14,9 \pm 0,38$ мм.рт.ст до операції (різниця не достовірна, $p > 0,05$). Через 6 місяців після операції показники РК BOT відновлювались ($14,5 \pm 0,4$ мм.рт.ст) і залишалися на тому ж рівні через 12 місяців ($14,5 \pm 0,3$ мм.рт.ст., $p > 0,05$).

На очах, що були прооперовані методами LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE показники рогівково-компенсованого ВОР через 1 місяць після операції були, хоч і не достовірно, нижчими висхідних даних - $13,5 \pm 0,7$ мм.рт.ст проти $14,5 \pm 0,7$ мм.рт.ст до операції при застосуванні методики LASIK, $13,9 \pm 0,5$ мм.рт.ст проти $15,5 \pm 0,6$ мм.рт.ст до операції при використанні Femto -LASIK та $13,3 \pm 0,6$ мм.рт.ст проти $14,8 \pm 0,5$ мм.рт.ст до оперативного втручання при використанні методу ReLEx SMILE. Через 6 місяців після операції показники РК ВОР зберігалися на рівні таких, що були зафіксовані через місяць після оперативного втручання, а через 12 місяців відмічено подальше зниження названих показників до $11,7 \pm 0,8$ мм.рт.ст, $11,1 \pm 0,6$ мм.рт.ст та $11,9 \pm 0,5$ мм.рт.ст відповідно при застосуванні технології LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE. У всіх випадках різниця показників достовірна в порівнянні з відповідними показниками до операції. Оскільки при визначенні показників рогівково-компенсованого внутрішньоочного тиску враховуються зміни товщини рогівки та її ригідність, то отримані дані дозволяють зробити висновки, що прогресивне зниження показників РК ВОР при застосуванні методик LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE може бути пов'язана з впливом вакууму на мікроциркуляторне русло очного яблука, так як всі ці технології використовують вакуум для забезпечення нерухливості, тобто стабільного положення очного яблука при викраюванні рогівкового лоскуту при LASIK та Femto -LASIK чи лентикули при ReLEx SMILE. Дане положення підтверджується тим, що не зафіксовано значних змін ні ВОР за Гольманом, ні РК ВОР при застосуванні технології LASEK, яка не передбачає застосування вакууму при виконанні операції.

Видалення частини строми рогівки, що є основою всіх рефракційних втручань, звичайно призводить до її стоншення та зменшення міцністних властивостей. Тому вивчення показників, що характеризують ці властивості, є безумовно актуальним. Найбільш поширеними показниками для оцінки міцністних характеристик рогової оболонки є фактор резистентності рогівки (ФРР) та показник корнеального гістерезису (КГ). Динаміка змін цих показників на прооперованих очах представлена в таблиці 4.1.3



Таблиця 4.1.3 Динаміка показників рогівкового гістерезису та фактору резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом в залежності від застосованої техніки рефракційної хірургії - LASEK, LASIK, FEMTO- LASIK чи RELEX SMILE ($M \pm m$).

Період спостереження показники	Групи спостереження	До операції	Через 1 місяць після операції	Через 6 місяців після операції	Через 1 рік після операції
1	2	3	4	5	6
ФРР (фактор резистентності рогівки)	1 група(LASEK), n=53	10,6 $\pm$ 1,12	9,7 $\pm$ 0,4	10,3 $\pm$ 0,1	9,8 $\pm$ 0,3
	2 група 1-ша підгрупа(LASIK), n=50	11,05 $\pm$ 0,3	7,8 $\pm$ 0,3	8,1 $\pm$ 0,2	8,89 $\pm$ 0,4
	2 група 2-га підгрупа (FEMTO- (LASIK), n=30	11,6 $\pm$ 0,2	8,5 $\pm$ 0,4	8,8 $\pm$ 0,8	9,1 $\pm$ 0,6
	3 група (ReLEx SMILE), n=50	10,9 $\pm$ 1,02	9,5 $\pm$ 0,7	9,5 $\pm$ 0,1	9,7 $\pm$ 0,3
КГ- корнеальний гістерезис (мм рт. ст)	1 група(LASEK), n=53	10,3 $\pm$ 0,9	9,0 $\pm$ 0,2	9,7 $\pm$ 0,7	9,8 $\pm$ 0,2
	2 група 1ша підгрупа(LASIK), n=50	11,4 $\pm$ 0,2	8,1 $\pm$ 0,9	8,8 $\pm$ 0,3	9,4 $\pm$ 0,4
	2 група 2га підгрупа (Femto - LASIK), n=30	11,5 $\pm$ 0,3	9,7 $\pm$ 0,3	9,5 $\pm$ 0,8	9,1 $\pm$ 0,6

Продовження таб. 4.1.3

1	2	3	4	5	6
	3 група (ReLEx SMILE), n=50	11,3±0,9	8,9±0,2	9,2±0,7	9,6±0,2

Примітки:

*достовірна різниця ($p<0,05$) між відповідними показниками до операції та через 1 місяць після операції

□ достовірна різниця ($p<0,05$) між відповідними показниками до операції та через 6 місяців після операції

◇ достовірна різниця ($p<0,05$) між відповідними показниками до операції та через 1 рік після операції

Аналіз наведених в таблиці даних показав, що на тлі зниження внутрішньоочного тиску на всіх прооперованих очах, незалежно від методу корекції, знижуються і міцнісні показники рогової оболонки. Так, показник фактору резистентності рогівки через 1 місяць після операції в 1 групі знизився на 8,5 % (з $10,6\pm1,1$ до $9,7\pm0,4$), в 2 1-й підгрупі 2 групи знизився на 29,4 % (з $11,05\pm0,3$ до $7,8\pm0,3$), в 2-й підгрупі 2 групи на 26,7 % (з $11,6\pm0,2$ до $8,5\pm0,4$). В 3 групі цей показник знизився на 12,8 % (з $10,9\pm1,02$ до $9,5\pm0,7$). Слід зазначити, що найменший процент зниження ФРР реєструється при застосуванні технологій LASEK та ReLEx SMILE - 8,5 % та 12,8 % відповідно проти 29,4 % та 26,7 % відповідно при застосуванні технологій LASIK та Femto -LASIK. Одержані дані дозволяють припустити, що найбільший вплив на міцнісні характеристики рогівки має не стоншення рогівки для її сплюснення з метою зміни рефракційних показників, а формування рогівкового лоскута, що застосовуються при технологіях LASIK та Femto -LASIK і не використовується при технологіях LASEK та ReLEx SMILE.

В подальшому спостерігається помірне відновлення вказаних показників , але і через 6 місяців і через рік після хірургічного втручання зберігається їх дефіцит. Звертає на себе увагу показник фактору резистентності рогівки через 1 рік в 2 групі 1-й підгрупі $8,89\pm0,4$ ($p>0,05$) та $9,1\pm0,6$ ($p>0,05$) в 2 групі 2 підгрупі.

Так показник фактору резистентності рогівки через 1 рік на 16,3 % менший за його висхідні значення на очах прооперованих методом ReLEx SMILE, на 21,5



% менший від висхідного на очах, прооперованих методом FEMTO- LASIK, на 16,1 % менший від висхідного на очах, прооперованих методом LASIK та на 7,5 % менший від висхідного на очах, прооперованих методом LASEK.

Показник корнеального гістерезису (КГ) практично повторює динаміку змін показника ФРР. КГ також знижується протягом усього терміну спостереження після операції. Всі показники корнеального гістерезису майже не відрізняються від показників фактору резистентності рогівки.

Через 1 рік показник корнеального гістерезису на 15 % менший за його висхідні значення на очах прооперованих методом ReLEx SMILE, на 20,5 % менший від висхідного на очах, прооперованих методом FEMTO- LASIK , на 17,5 % менший від висхідного на очах, прооперованих методом LASIK та на 4,8 % менший від висхідного на очах, прооперованих методом LASEK (у всіх випадках різниця показників не достовірна, $p > 0,05$).

Показник корнеального гістерезису, що відображає її здатність поглинати та розсіювати енергію, змінюється після рефракційних операцій залежно від впливу кожного методу на структуру та біомеханічні властивості рогівки. Оскільки різниця показників статистично незначуща ($p > 0,05$), ці зміни можна пояснити особливостями методів та рівнем травматизації рогівкової тканини.

На рисунках 4.1.1 та 4.1.2 у вигляді лінійної діаграми представлені результати динаміки змін корнеального гістерезису та фактору резистентності рогівки у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії різними методами.



1714651370980773

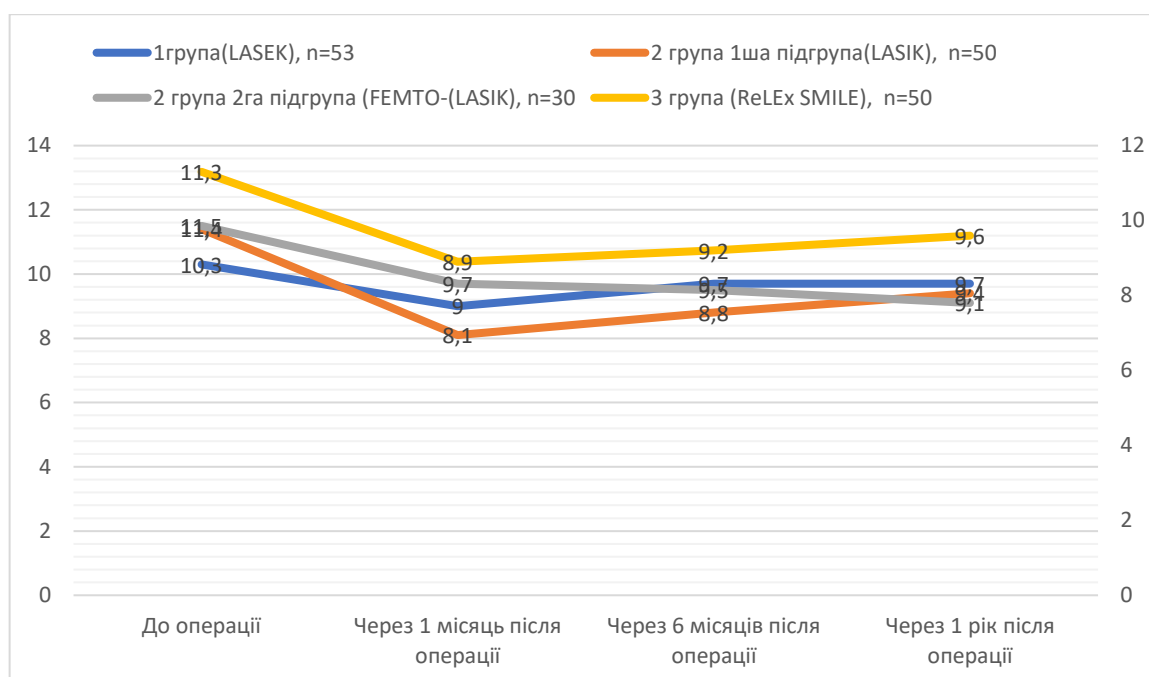


Рис. 4.1.1- Показники корнеального гістерезису на очах з міопією слабкого та середнього ступеня та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії методами LASEK, LASIK, FEMTO- LASIK та RELEX SMILE($M \pm m$).

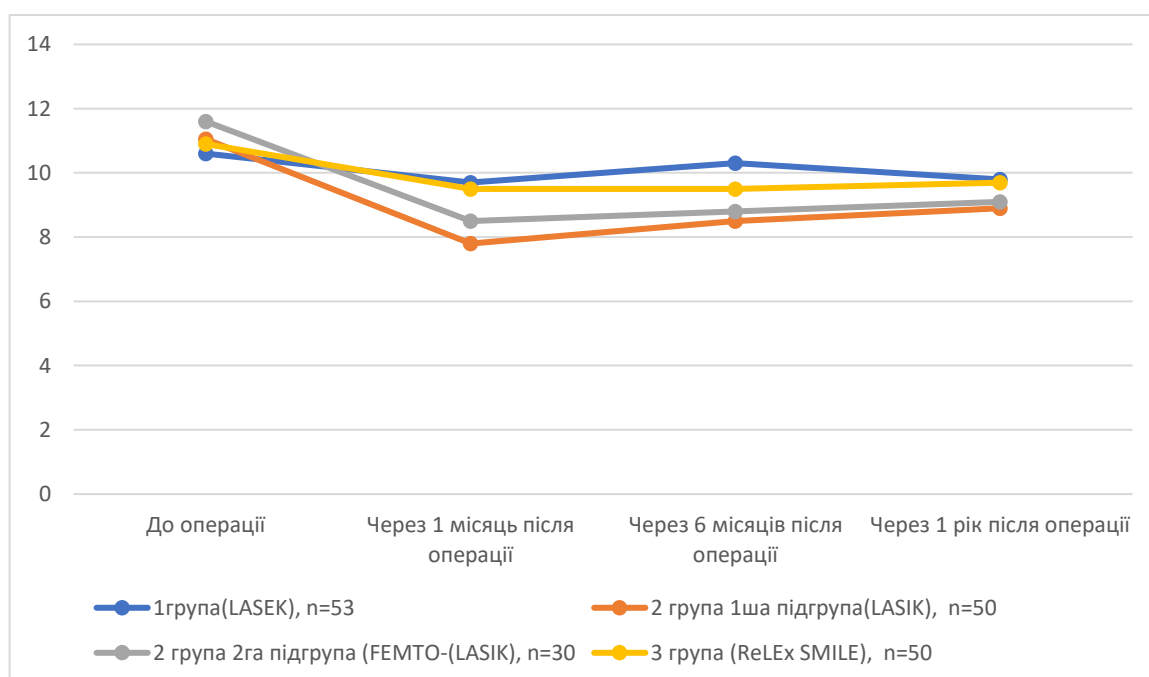


Рис. 4.1.2- Показники фактору резистентності рогівки на очах з міопією слабкого та середнього ступеня та міопічним астигматизмом до та після рефракційної хірургії методами LASEK, LASIK, FEMTO- LASIK та RELEX SMILE ($M \pm m$).



До проведення операції значення ригідності рогівки були приблизно на однаковому рівні у всіх групах, що свідчить про відсутність суттєвих відмінностей у біомеханічних властивостях рогівки між пацієнтами. Усі методи рефракційної хірургії призвели до зниження фактору ригідності рогівки, що свідчить про зміну її біомеханічних властивостей. Найбільше зниження ригідності спостерігалось після LASIK, на 27 %, що пов'язано з утворенням рогівкового клаптя. Методи LASEK та ReLEx SMILE мали кращу стабільність фактору ригідності, що свідчить про менший вплив на біомеханіку рогівки. Через 1 рік найменше змінилася біомеханіка рогівки після ReLEx SMILE на 14 %, найбільші зміни відзначалися після LASIK 20 %.

Усі методи рефракційної хірургії спричиняють зниження корнеального гістерезису, що свідчить про зміну біомеханічних властивостей рогівки. Через 1 місяць після операції найбільше зниження корнеального гістерезису спостерігалось у 1 групі де операція виконувалася методикою LASIK на 28,9 %, що пов'язано з формуванням рогівкового клаптя. Методи LASEK та ReLEx SMILE мали кращу стабільність корнеального гістерезису, оскільки не передбачають механічного створення клаптя. Через 12 місяців після операції показники корнеального гістерезису частково відновлювалися, але залишалися нижчими за початкові значення. Найменше змінилася біомеханіка рогівки після ReLEx SMILE на 15 %, найбільші зміни відзначалися після LASIK на 20,2 %.

LASEK та ReLEx SMILE забезпечують найбільш стабільні біомеханічні показники рогівки, тоді як технології, що потребують викроювання рогівкового лоскута, такі як LASIK та FEMTO- LASIK може впливати на довготривалу міцність рогівки, що слід враховувати при виборі методу хірургічного втручання.



4.2 Взаємозв'язок між показниками внутрішньоочного тиску, біомеханічними властивостями рогівки та пахіметрією у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після FEMTO- LASIK та RELEX SMILE

Сьогодні в рефракційній хірургії все ширше застосовуються фемтолазерні технології. Енергія фемтосекундного лазера використовується для формування рогівкового клаптя при FEMTO- LASIK та для точного викроювання лентикули при ReLEx SMILE. Вважається, що використання фемтосекундного лазера для формування флепа рогівки дозволяє одержати більш рівний та точний зріз та сприяє більш швидкій адаптації рогівкового клаптя в ранньому післяопераційному періоді. Однак одержані нами дані, що представлені в попередньому підрозділі, показали, що технології, які виконуються з формуванням рогівкового флепа, значно знижують міцнісні властивості рогівки, незалежно від способу формування флепа (механічний мікрокератом чи фемтосекундний лазер). В той же час застосування фемтосекундного лазера в технології ReLEx SMILE не так значно знижує показники, що характеризують резистентність рогівки. Тому далі нас цікавило чи існує взаємозв'язок між показниками внутрішньоочного тиску та біомеханічними властивостями рогівки при різних технологіях, що використовують фемтосекундний лазер. Для цього було проведено кореляційний аналіз між даними показниками із застосуванням лінійного регресійного аналізу за Спірменом, так як більшість показників, включених в дослідження, мали нормальний статистичний розподіл.



1714651370980773

Таблиця 4.2.1 - Кореляційна таблиця Спірмена між показниками внутрішньоочного тиску, корнеального гістерезису, фактору резистентності рогівки та пахіметрії у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом до та після FEMTO- LASIK та ReLEx SMILE

	IOPg ORA через 1 день після операції		IOPcc ORA через 1 день після операції		CRF ORA через 1 день після операції		CH ORA через 1 день після операції		min 0-2 Pachymetry VisantOCT через 1 день після операції		min 2-5 Pachymetry VisantOCT через 1 день після операції	
	ReLEx SMILE, n=50	Femto - Lasik, n=30	ReLEx SMILE, n=50	Femto- Lasik, n=30	ReLEx SMILE, n=50	Femto - Lasik, n=30	ReLEx SMILE, n=50	Femto- Lasik, n=30	ReLEx SMILE, n=50	Femto- Lasik, n=30	ReLEx SMILE, n=50	Femto - Lasik, n=30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IOPg ORA до операції	-0,83 p>0,05	0,75 p>0,05	-0,88 p>0,05	0,59 p>0,05	0,61 p>0,05	-0,29 p>0,05	-0,4 p<0,05	-0,47 p>0,05	-0,32 p>0,05	- 0,52p>0,05	- 0,33p>0,05	-0,49 p>0,05
IOPcc ORA до операції	-0,75 p>0,05	0,99 p<0,05	-0,1602 p>0,05	0,9476p>0,05	-0,94 p>0,05	-0,78 p>0,05	-0,98 p<0,05	-0,89 p>0,05	0,2 814p>0,05	-0,98 p>0,05	0,p>0,05	-0,88 p>0,05



1714651370980773

Продовження таблиці 4.2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CRF ORA	0,35 p>0,0 5	-0,31 p>0,0 5	- 0,2832p>0,0 5	- 0,5034 p>0,0 5	0,66 p>0,0 5	0,71 p>0,0 5	0,81 p>0,0 5	0,6 p>0,0 5	- 0,45p>0,0 5	0,53p>0,0 5	-0,49 p>0,0 5	0,55p>0,0 5
CH ORA до операції	0,44 p>0,0 5	-0,73 p>0,0 5	-0,19 p>0,05	-0,84 p>0,0 5	0,73 p>0,0 5	0,92 p>0,0 5	0,87 p>0,0 5	0,89 p>0,0 5	-0,42 p>0,05	0,84 p>0,05	-0,46 p>0,0 5	0,85 p>0,05
min 0-2 Pachymetr у VisantOCT до операції	-0,79 p>0,0 5	-0,92 p>0,0 5	-0,22 p>0,05	-0,98 p<0,0 5	-0,97 p<0,0 5	-0,97 p<0,0 5	-0,99 p<0,0 5	-0,98 p<0,0 5	0,15 p>0,05	-0,99 p<0,05	0,18 p>0,0 5	-0,99 p<0,05
min 2-5 Pachymetr у VisantOCT до операції	-0,77 p>0,0 5	-0,91 p>0,0 5	-0,18 p>0,05	-0,97 p<0,0 5	-0,96 p<0,0 5	-0,96 p<0,0 5	-0,99 p<0,0 5	-0,98 p<0,0 5	0,18 p>0,05	-0,99 p<0,05	0,21 p>0,0 5	-0,99 p<0,05

Примітка- достовірна різниця (p<0,05) між відповідними показниками до операції та через 1 рік після операції



Як видно з таблиці 4.2.1, кореляційний аналіз дозволив нам виявити достовірний зворотний ступінь кореляції між показниками корнеального гістерезису та внутрішньоочного тиску за Гольдманом ($-0,4045$ $p<0,05$), кореального гістерезису та та рогівково-компенсованим внутрішньоочним тиском ($-0,9868$ $p<0,05$) через 1 день після рефракційної хірургії на очах у 1 групі.

Також нами була зафіксована пряма кореляція між корнеальним гістерезисом, фактором резистентності рогівки та центральною товщиною рогівки (min 0-2 Pachymetry VisantOCT та min 2-5 Pachymetry VisantOCT) у 1 і 2 групах на наступний день після операції. Так коефіцієнт кореляції за Спірменом між показниками корнеального гістерезису і min 0-2 Pachymetry VisantOCT дорівнював в 1 групі, $r = -0,98$ ($p<0,05$), між показниками корнеального гістерезису і min 2-5 Pachymetry VisantOCT дорівнював $r = -0,99$ ($p<0,05$). У 2 групі між показниками корнеального гістерезису і min 0-2 Pachymetry VisantOCT дорівнював $r = -0,98$ ($p<0,05$), між показниками корнеального гістерезису і min 2-5 Pachymetry VisantOCT дорівнював, $r = -0,99$ ($p<0,05$). Між показниками фактору резистентності рогівки і min 0-2 Pachymetry VisantOCT дорівнював в 1 групі, $r = -0,97$ ($p<0,05$), між показниками фактору резистентності рогівки і min 2-5 Pachymetry VisantOCT дорівнював $r = -0,96$ ($p<0,05$). У 2 групі між показниками фактору резистентності рогівки і min 0-2 Pachymetry VisantOCT дорівнював $r = -0,95$ ($p<0,05$), між показниками фактору резистентності рогівки і min 2-5 Pachymetry VisantOCT дорівнював $r = -0,96$ ($p<0,05$).

При подальшому кореляційному аналізі найбільш чутливими показниками до та після операції методом RELEX SMILE виявилися наступні. Зворотній достовірно помірний зв'язок виявлено між даними корнеального гістерезису до та після операції методом RELEX SMILE (рис. 4.2.1)



1714651370980773

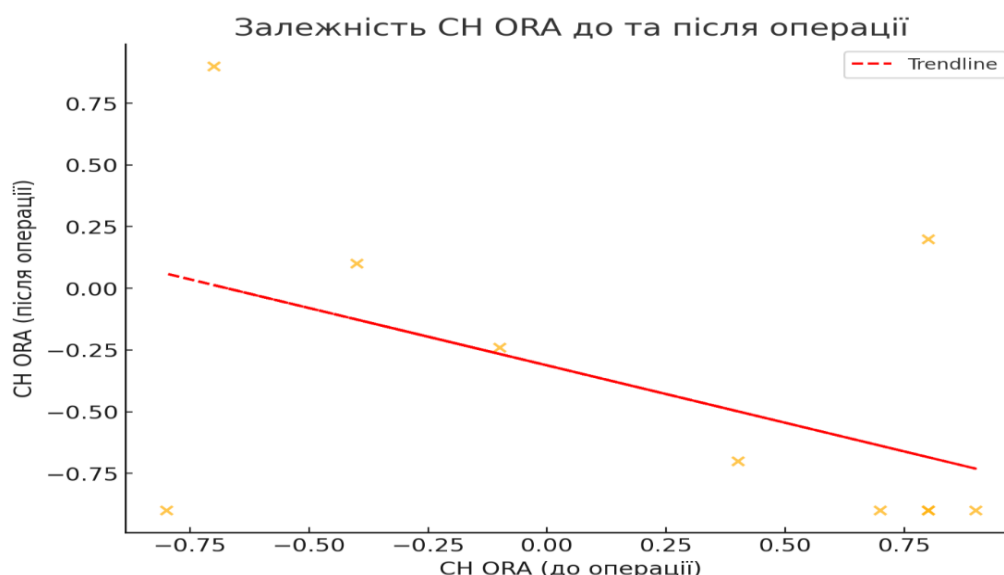


Рисунок 4.2.1-Регресійний зв'язок між показниками рогівкового гістерезису до операції та через 1 рік після рефраційної операції методом ReLEx SMILE.

Графік відображає зміни гістерезису рогівки до та після операції. Спостерігається більша розкиданість точок, що відображається про більшу варіативність зміни цього параметра. Трендова лінія має незначний нахил, що відповідає слабкому зв'язку ($r=-0,38$ ($p>0,05$)).

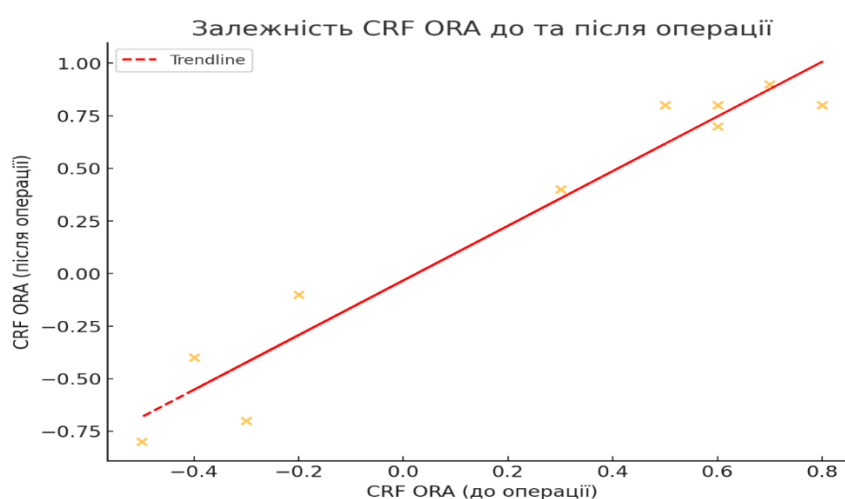


Рисунок 4.2.2- Регресійний зв'язок між показниками фактору резистентності рогівки до операції та через 1 рік після рефраційної операції методом ReLEx SMILE.

На графіку видно сильну позитивну кореляцію між значеннями до і після операції. Трендова лінія чітко виражена і має крутий нахил, що підтверджує високий рівень зв'язку $r=0,91$ ($p>0,05$).

Фактор резистентності рогівки демонструє стабільність і передбачуваність змін після операцій. Цей параметр може бути корисним для оцінки ефективності операції.

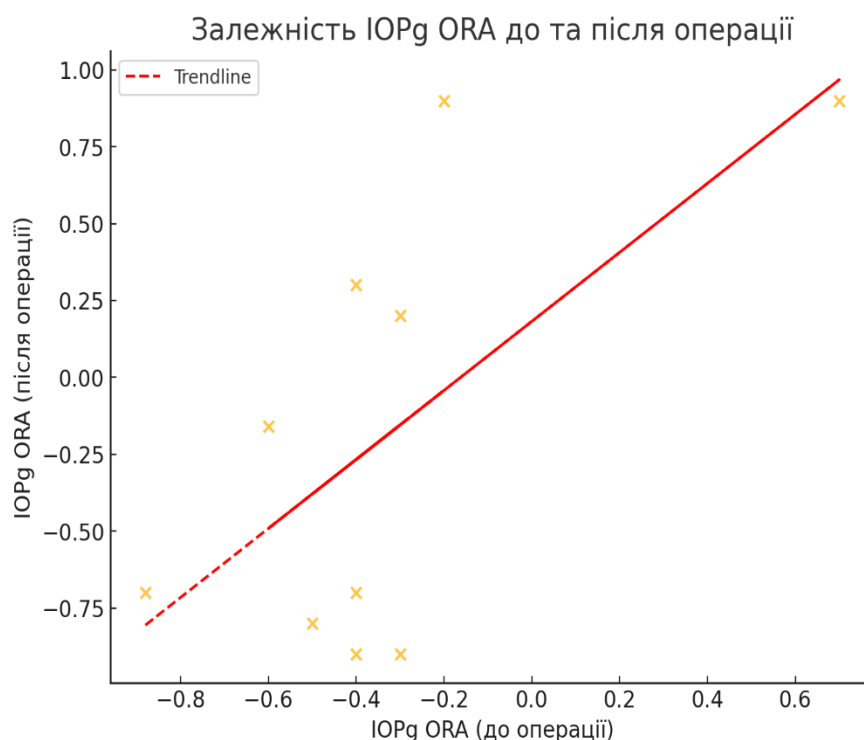


Рисунок 4.2.3 -Регресійний зв'язок між показниками внутрішньоочного тиску за Гольдманом до операції та через 1 рік після рефракційної операції методом ReLEx SMILE .

Цей графік ілюструє зміни внутрішньоочного тиску за Гольдманом до та після операції. Точки розсіювання показують, що між показниками до і після операції є певний позитивний зв'язок. Трендова лінія підтверджує тенденцію, проте вона досить полого, що свідчить про слабкий ступінь кореляції $r=0,46$ ($p>0,05$). Зміни внутрішньоочного тиску за Гольдманом після операції не є однорідними, ймовірно, через різний індивідуальний вплив хірургії на захворювання.

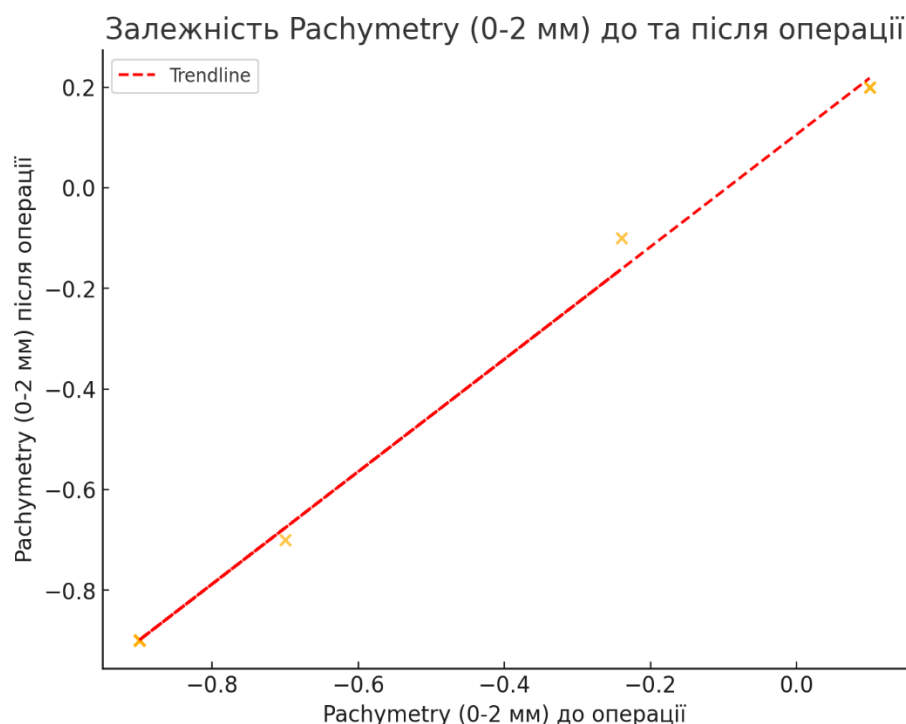


Рисунок 4.2.4- Регресійний зв'язок між показниками пахіметрії в центральній зоні до операції та через 1 рік після рефракційної операції методом ReLEx SMILE.

Нахил червоної трендової лінії визначає, наскільки сильно значення після операції залежать від значень до операції. Якщо нахил близький до 1 (як на цьому графіку), це означає, що зміни після операції відображають вихідні значення майже без деформації. Тісне розташування точок вздовж лінії свідчить про високу кореляцію між двома наборами даних (до та після операції). Ймовірно, коефіцієнт кореляції (r) буде близьким до 1, що вказує на сильну лінійну залежність. Значення як до, так і після операції варіюються у межах від -0.8 до 0.2. Це говорить про те, що вплив операції на цей параметр є дуже незначним у межах досліджуваного діапазону. Відсутність значних змін після операції може свідчити про мінімальний вплив операції на анатомічну цілісність рогівки в зоні 0–2 мм та стабільність параметрів, що є позитивним результатом, якщо операція спрямована на збереження структури ока.



1714651370980773

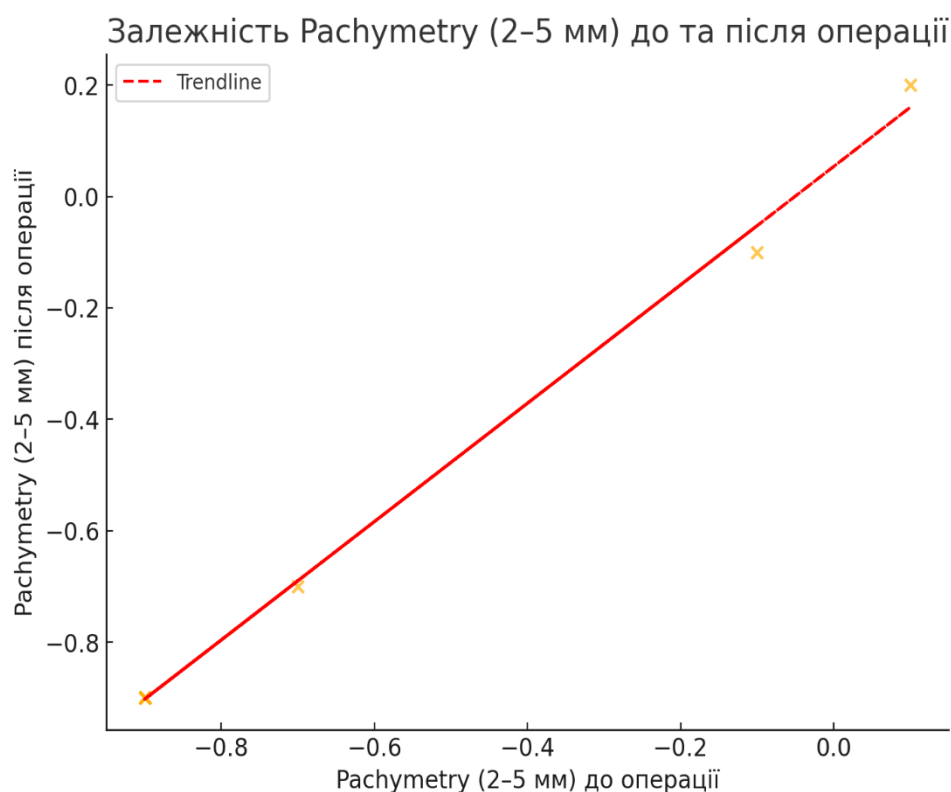


Рисунок 4.2.5- Регресійний зв'язок між показниками пахіметрії в периферійній зоні до операції та через 1 рік після рефракційної операції методом ReLEx SMILE.

На діаграмі представлено залежність між показниками Pachymetry (2–5 мм) до та після операції. Інтерпретація графіка- червона лінія тренду вказує на сильну лінійну залежність між значеннями до та після операції. Це означає, що зміни в значеннях товщини рогівки після операції пропорційно залежать від їх початкових значень. Точки даних лежать близько до лінії тренду, що свідчить про стабільність результатів. Значення до та після операції сильно корелюють, що вказує на те, що операція не викликала суттєвих змін у даному показнику.

Цей показник використовується для оцінки ефективності операції або стабільності структури тканин ока, така залежність може бути позитивним сигналом. Це означає, що структура тканини ока залишилася стабільною. Тому можемо зробити такі висновки, що операція не призвела до значного погіршення або покращення показника Pachymetry (2–5 мм), що може свідчити про її безпечність щодо цього параметра.

Резюме до розділу 4

Наведені в даному розділі результати досліджень свідчать про те, що методи лазерної корекції, такі як LASEK, LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE, мають свої особливості впливу на внутрішньоочний тиск та структуру рогівки. Аналіз змін показників внутрішньоочного тиску, корнеального гістерезису, фактору резистентності рогівки після лазерної корекції допомагає виявити не лише ефективність методу, але й потенційні ризики, пов'язані з нестабільністю рогівки.

Так аналіз динаміки показників внутрішньоочного тиску показав, що у всіх випадках має місце їх зниження в післяопераційному періоді. Така ж динаміка показників рогівково-компенсованого BOT, який обчислюється з урахуванням товщини рогівки та факторів її резистентності свідчить про те, що основний вклад в динаміку змін BOT вносить не зміна кривизни та товщини рогівки, а інші фактори. Наші дослідження показали, що найбільше та достовірно BOT за Гольдманом та рогівково-компенсований внутрішньоочний тиск зменшується при використанні тих методик, що потребують застосування вакууму. Так, через 1 місяць після операції при технології LASIK, BOT за Гольманом знизився на 35,6 %, а РК BOT на 6,9%, при технології FEMTO- LASIK BOT знизився на 17,4 %, а РК BOT на 10,32%, при технології ReLEx SMILE зменшення BOT за Гольдманом відмічено на 29,7%, а рогівково-компенсованого BOT - на 10,14%.

В той же час на очах, де корекція проводилася методом LASEK, який не потребує застосування вакууму, показники BOT за Гольдманом знизились найменше – на 15,2 % (різниця не достовірна), а РК BOT – на 4,14%. В подальшому показники BOT та РК BOT дещо відновлюються, але навіть через рік не досягають висхідних величин. Отримані дані підтверджують висловлене нами раніше припущення про те, що зміни внутрішньоочного тиску після рефракційної хірургії можуть бути викликані впливом вакууму на мікроциркуляторне русло ока, так як найбільше зниження згаданих показників

відмічено при застосуванні технологій з використанням вакуумних кілець, а саме LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE.

Проведені дослідження дозволили також встановити певну залежність факторів, що впливають на міцнісні характеристики рогівки від технології, що застосовувалась в рефракційній хірургії. Встановлено, що найбільший вплив на зменшення показників корнеального гістерезису та фактору резистентності рогівки мають технології, пов'язані з викроюванням рогівкового лоскуту, а саме LASIK та Femto -LASIK. Так, при методиці LASIK, де рогівковий лоскут формується за допомогою механічного мікрокератому показник ФРР знижується на 16,1 %, а КГ – на 17,5 %). Застосування методики Femto-LASIK супроводжується зниженням показника ФРР на 21,5%, а КГ – на 20,5%. В той час як методики, де не передбачено створення рогівкового клаптя значно менше впливають на згадані показники. При поверхневій корекції методом LASEK фактор резистентності рогівки зменшується лише на 7,5 %, а корнеальний гістерезис – на 4,8 %). Принципово нова, технологія ReLEx SMILE, де за допомогою фемтосекундного лазера в товщі рогівки, не порушуючи її цілістність, викроюється лентикула попередньо заданої форми і видаляється через невеликий розраз 3-4 мм довжиною також мінімізує негативний вплив на міцнісні характеристики рогівки. При застосуванні цієї технології ФРР зменшується на 16,3 %, а КГ – на 15 %

Даний розділ викладено в 2-х статтях [120,122] та 1 тезах.

РОЗДІЛ 5

ВПЛИВ РЕФРАКЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE НА РОЗВИТОК СИНДРОМУ СУХОГО ОКА ТА ЯКІСНИЙ СКЛАД СЛЬОЗИ НА ОЧАХ ІЗ МІОПЄЮ ТА МІОПЧНИМ АСТИГМАТИЗМОМ.

З появою фемтосекундних лазерів, їх застосування все більш широко впроваджується в клінічну практику. В офтальмологічній літературі достатньо широко висвітлені проблеми сухого ока при таких рефракційних технологіях як LASEK та LASIK. Однак ще не досить повно ці проблеми висвітлені при застосуванні фемтолазерних технологій. Тому, одним із завдань даного дисертаційного дослідження було вивчення впливу рефракційних технологій, таких як ReLEx SMILE та Femto Femto -LASIK на розвиток синдрому сухого ока на основі вивчення якісного складу сльози.

Цей розділ присвячений аналізу можливостей кристалографії сльози для діагностики розвитку синдрому сухого ока після проведених рефракційних операцій ReLEx SMILE та Femto -LASIK. У розділі представлені результати досліджень фацій сльози у 40 пацієнтів (80 очей), отриманих методом клиноподібної дегідратації. Серед них було 25 (62,5 %) чоловіків і 15 (37,5 %) жінок віком від 19 до 38 років (середній вік – $27,28 \pm 1,08$ р.). Всі пацієнти були розподілені на 2 групи: перша – 25 пацієнтів (50 очей), яким виконувалась корекція зору методом ReLEx SMILE; друга – 15 осіб (30 очей), яким корекція зору здійснена методом FEMTO- LASIK. (рис. 5.1)



Розподіл пацієнтів за методом корекції зору

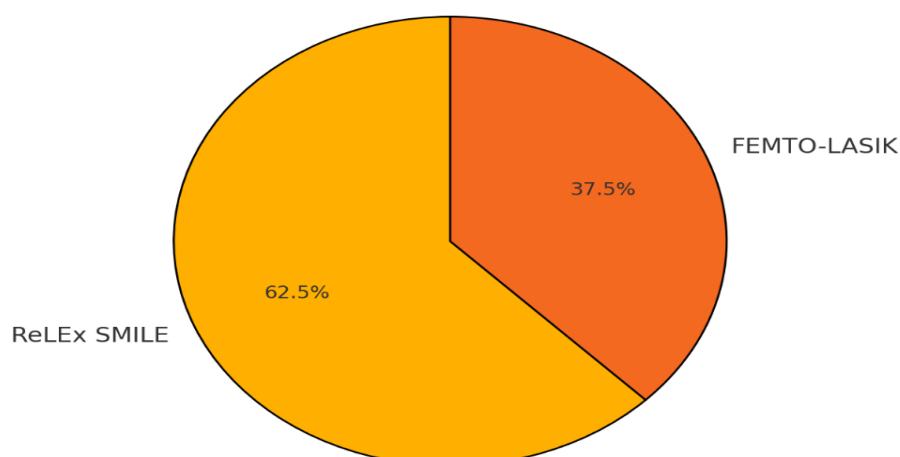


Рисунок 5.1 - Розподіл пацієнтів за методом корекції

Для визначення динаміки змін якісного складу сльози застосовували методику кристалографії. Основою цього методу є закономірності кристалізації складних розчинів, до яких належать біологічні рідини. У процесі випаровування сльози зі всієї поверхні краплі відбувається формування характерних структур. Оскільки товщина краплі нерівномірна (в центрі товща, ніж на периферії), розчинені речовини концентруються неоднорідно: периферія насичується швидше, ніж центральна частина. Осмотичні сили сприяють руху низькомолекулярних речовин, таких як солі, до центру краплі. Вони також притягують воду, що посилює цей процес. Високомолекулярні речовини, наприклад білки, не здатні утримувати воду через слабку онкотичну дію, тому вони витісняються з центральної частини до країв краплі.

Для аналізу результатів аналізу закономірностей системної організації слізної рідини застосовували бальну оцінку кристалограм, запропоновану Завгородньою Н.Г., Ісаковою О.А. результати цієї оцінки в балах представлені в таблиці 5.1.



1714651370980773

Таблиця 5.1 - Динаміка структурних параметрів кристалографічної фації слізної рідини у балах до та після виконання рефракційних втручань методами ReLEx SMILE та Femto-LASIK у пацієнтів з міопією то міопічним астигматизмом

Зона	Специфічна особливість/кількість балів	1 група (ReLEx SMILE), n = 50			2 група (Femto- LASIK), n = 30		
		До операції	Через 10 днів після операції	Через 1 місяць після операції	До операції	Через 10 днів після операції	Через 1 місяць після операції
1	2	3	4	5	6	7	8
Крайова (білкова)	чітка -2	46 92 %	46 92 %	46 92 %	28 93,2 %	22 73,3 % *♦	24 80 %*
	нечітка -1	4 8 %	4 8 %	4 8 %	2 6,6 %	2 6,6 %	2 6,6 %♦♦
	Відсутня -0	-	-	-	-	6 20 %*♦	4 13,3 %**♦♦
	рівномірне радіально-аркадне розташування тріщин -2	50 100 %	50 100 %	50 100 %	30 100 %	24 80 %*	26 86,7 %
	хаотичне розташування тріщин -1	-	-	-	-	6 20 %*♦-	4 13,3 %**♦♦-
	відсутність тріщин-0	-	-	-	-	-	-
Проміжна	Чітка -2	50 100 %	50 100 %	50 100 %	30 100 %	24 80 %	26 86,7 %
	Нечітка -1	-	-	-	-	-	-
	Відсутня -0	-	-	-	-	6 20 %*♦	4 13,3 %**♦♦



1714651370986773

Продовження таб. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	наявність дендритних структур типу папороті множинними розгалуженнями -2	50 100 %	48 96 %	48 96 %	30 100 %	26 86,6 %*	26 86,6 %**
	наявність дендритних структур типу папороті дихотомічними розгалуженнями -1	-	2 4 %	2 4 %	-	4 13,3 %*♦	4 13,3 %**♦
Центральна (сольова)	наявність одиничних чотирикутних кристалів -2	48 96 %	44 88 %	48 96 %	30 100 %	26 86,7 %*	26 86,7 %**
	наявність множинних чотирикутних кристалів -1	2 4 %	6 12 %	2 4 %	-	4 13,3 %*	4 13,3 %**
	кристали розташовані впорядковано -2	48 96 %	44 88 %	48 96 %	30 100 %	26 86,7 %	26 86,7 %
	кристали розташовані хаотично-1	2 4 %	6 12 %	2 4 %	-	4 13,3 %*	4 13,3 %**
Співвідношення поясів	1 : 3,5 : 3 (норма) -1	48 96 %	46 92 %	48 96 %	28 93,3 %	26 86,6 %	26 86,6 %
	зміна співвідношення товщини поясів кристалізації порівняно з нормою 0	2 4 %	4 8 %	2 4 %	2 6,7 %	4 13,3 %*♦	4 13,3 %**♦♦
Загальна характеристика в балах		12,4 ± 0,2	11,5 ± 0,2	11,9 ± 0,2	12,2 ± 0,1	11,4 ± 0,1	11,7 ± 0,1

Примітки: * - вірогідна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками до операції та через 10 днів; ** - вірогідна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками до операції та через 1 місяць після операції; ♦ вірогідна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками 1-ї та 2-ї груп через 10 днів після операції; ♦♦ вірогідна різниця ($p < 0,05$) між відповідними показниками 1-ї та 2-ї груп через 1 місяць після операції.

У 4 очах (8 %) першої групи та 2 очах (6,6 %) другої групи спостерігалися

нечіткі контури крайової зони, що свідчило про незначні структурні зміни слізної рідини ще до проведення рефракційної операції. У післяопераційному періоді крайова білкова зона залишалася чітко окресленою у 92 % випадків (46 очей) першої групи та у 73,3 % випадків (22 ока) другої групи, формуючи кільцеподібну структуру, поділену численними радіальними аркадними тріщинами. У 4 очах (8 %) першої групи, де використовувався метод ReLEx SMILE, та у 4 очах (13,3 %) другої групи після Femto-LASIK було зафіксовано зміну співвідношення поясів кристалізації, хоча загальний бальний показник кристалографії залишався в межах норми.

Також у пацієнтів другої групи після операції спостерігалися випадки відсутності білкової зони на кристалограмах (6 очей, 20 %). Через місяць після операції ця зміна зберігалася у 4 очах (13,3 %) (рис. 5.2), що вказує на порушення регуляції обміну білкового компонента слізної рідини. Крім того, у цих же очах другої групи спостерігалася відсутність проміжної зони, а самі кристалограми демонстрували відсутність чіткої структурної організації, що зберігалось протягом місяця (рис. 5.3). Характерною особливістю крайової зони фації CP у пацієнтів другої групи, де вона була збережена, стало хаотичне розташування тріщин.

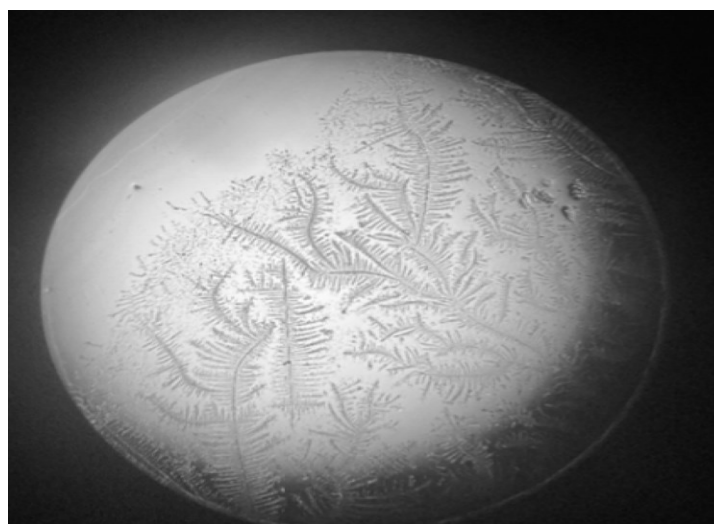


Рисунок 5.2- Кристалограма сльози пацієнта М. (2 група спостереження) через 1 місяць після рефракційної операції Femto-LASIK з відсутньою крайовою та центральною зоною та з мілкими розгалуженнями від кристалів у вигляді папороті (3 тип за М. Rolando).

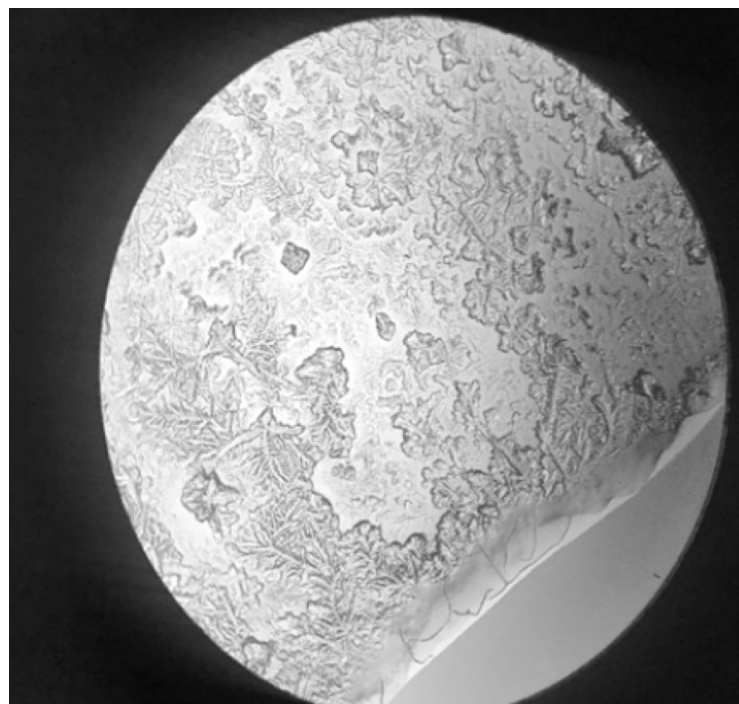


Рисунок 5.3 - Кристалограма сльози пацієнта Д (2 група спостереження) через 1 місяць після рефракційної операції Femto-LASIK.

Порушено співвідношення поясів кристалізації. Зменшені розміри крайової зони з хаотичним розміщенням тріщин. Відсутня чітка диференціація проміжної та центральної зон, зменшена кількість дендритних структур, відсутність характерних множинних розгалужень типу папороті. В центральній зоні хаотично розташовані множинні чотирикутні кристали (4-й тип за М. Rolando).

У першій групі пацієнтів, яким було проведено оперативне втручання методом ReLEx SMILE, у післяопераційному періоді не зафіксовано випадків відсутності крайової (білкової) зони на кристалограмах слізної рідини. Проміжна зона, що свідчить про одночасну кристалізацію білків і солей, мала чітко виражену структуру та була представлена дендритними утвореннями, схожими на папоротеподібні кристали з численними розгалуженнями. Лише у 2 випадках (4%) спостерігалися дихотомічні розгалуження дендритних структур, що є незначним відхиленням від норми.

Аналізуючи динаміку змін у центральній зоні кристалограм слізної рідини до та після рефракційних втручань, слід зазначити, що вихідно вона здебільшого складалася з масивних одиничних чотирикутних кристалів, які мали впорядковане розташування. Така структура була характерною для 96 % очей першої групи (48 очей) та 100 % очей другої групи (30 очей). Дані кристали складаються з хлориду натрію, концентрація якого в центральній частині фації є найвищою. У післяопераційному періоді відзначалися певні зміни у кількості та розташуванні кристалів солей у центральній зоні. У першій групі множинні хаотично розташовані чотирикутні кристали з'явилися у 6 очах (12%), тоді як до операції цей показник становив 2 ока (4 %). У другій групі аналогічні зміни зафіксовано у 4 очах (13,3 %).

Ці зміни можуть вказувати на незначні порушення сольового складу слізної рідини, які були дещо більш вираженими у другій групі пацієнтів (рис. 5.4).

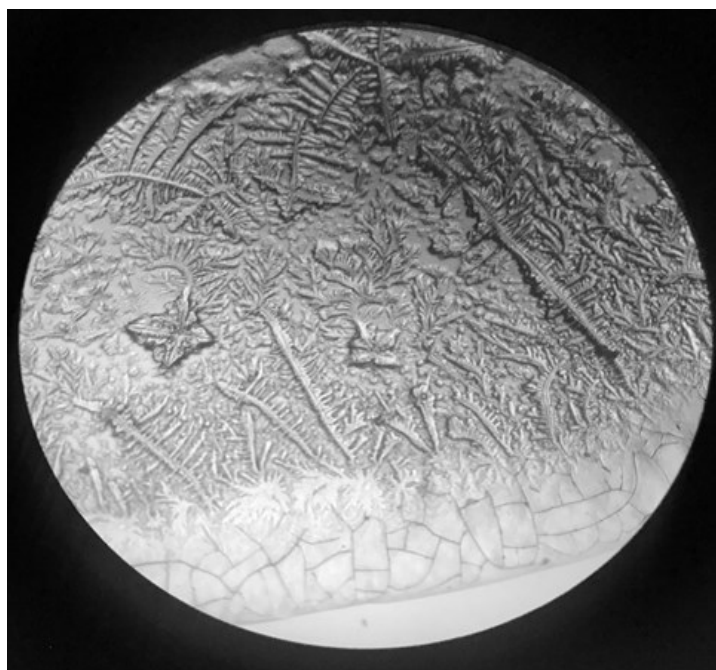


Рисунок 5.4- Кристалограма сльози пацієнта М. (1 група спостереження) через 1 місяць після рефракційної операції ReLEx SMILE. В центральній зоні хаотично розташовані множинні чотирикутні кристали (4-й тип за М. Rolando).



Наведемо декілька клінічних прикладів:

Клінічний приклад 1.

Пацієнтка Т. 2001 р.н. з клінічно встановленим діагнозом: «Міопія слабого ступеня обох очей». На первинному передопераційному огляді гострота зору:

OD = 0,08 з корекцією sph-3,0 дптр = 1,0;

OS 0,09 з корекцією sph-2,75 дптр = 1,0.

Дані показників оптичної біометрії ORA: тонометрія по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки -

OD = 11,6 мм.рт.ст., OS = 11,5 мм.рт.ст;

Фактор резистентності рогівки (ФРР) OD = 10,2 , OS = 10,5;

Корнеальний гістерезис (КГ) OD = 11,5 , OS = 11,8.

Показники оптичної біометрії:

ПЗР OD = 24,86 мм, OS = 24,88 мм.

В кристалограмах сльози обох очей порушень архітекτονіки зон кристалограм не було виявлено. Сумарна оцінка кристалограми у балах становила:

ОД - 12,4 бали, OS- 12,2 бали.

Пацієнту була виконана лазерна корекція зору методом ReLEx SMILE.

Через 1 місяць після операції гострота зору без корекції відновилася до 1,0 на обох очах.

Дані показників оптичної біометрії ORA були наступними: ВОР по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки знизився і становив на OD = 8,8 мм.рт.ст. (11,6 мм.рт.ст до операції), на OS = 8,9 мм.рт.ст (11,5 мм.рт.ст до операції);

Фактор резистентності рогівки (ФРР) OD = 7 (10,2 до операції), OS = 7 (10,5 до операції);

Корнеальний гістерезис (КГ) OD = 9,6 (11,5 до операції), OS = 9,7 (11,8 до операції).



1714651370980773

Через 1 місяць після операції у пацієнтки відмічалися зміни в нативній фації сльози, що представлені на рисунках 5.5 (А,Б), а саме зменшення розмірів крайової зони, хаотичне розташування тріщин та кількості характерних множинних розгалужень типу папороті, збільшення хаотично розташованих чотирикутних кристалів в центральній зоні, що свідчить про значні зміни якісного складу сльози. Аналогічні зміни кристалограм реєструвалися і на лівому оці, тому пацієнтці додатково призначалися сльозозамінні препарати.

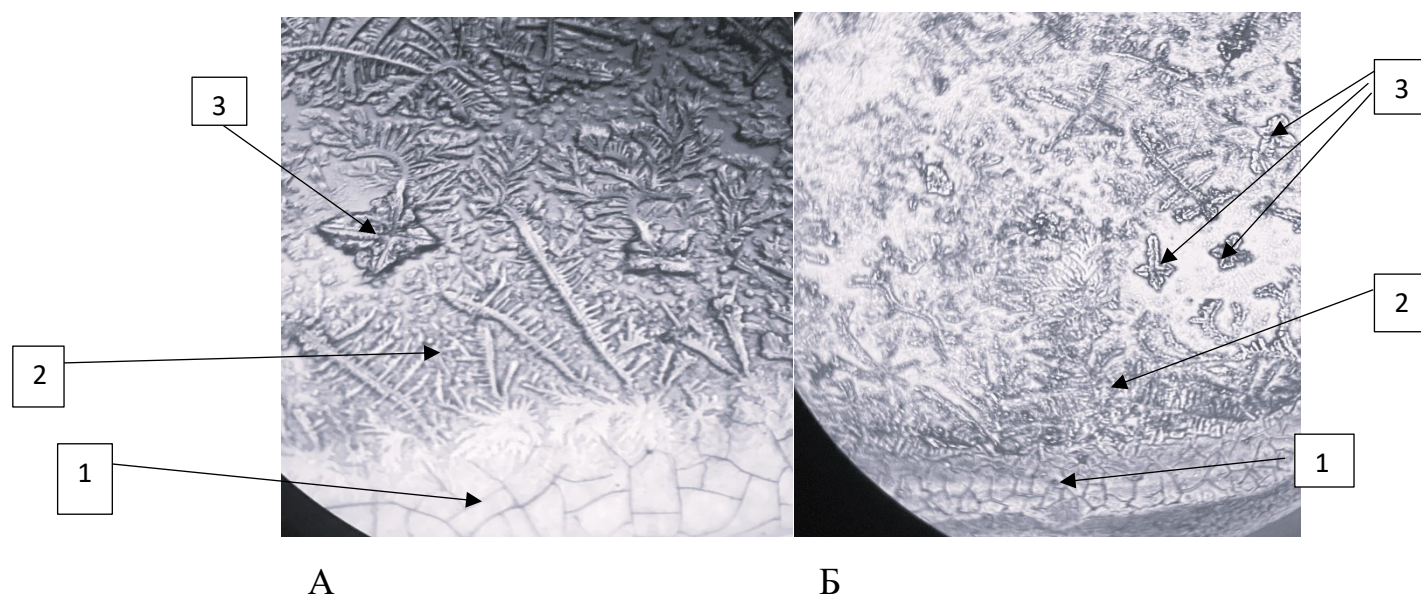


Рисунок 5.5 - Фрагменти фації сльози правого ока до та після оперативного втручання.

Примітки:

А. Фрагмент фації сльози до операції 1. Хвилеподібний периферичний пояс. 2. Проміжний пояс представлений папороподібними кристалами з тонкими та короткими осьовими променями. 3. У центральному поясі – чотирикутні кристали. (2-й тип за М. Rolando).

В. Фрагмент фації сльози через 1 місяць після операції 1. Зменшені розміри крайової зони з хаотичним розміщенням тріщин. 2. Зменшення кількості характерних множинних розгалужень типу папороті. 3. В центральній зоні хаотично розташовані множинні чотирикутні кристали (3-й тип за М. Rolando).

Через 1 рік після проведеної операції гострота зору на обох очах зберігалася високою OD = 1,0; OS = 1,0; хоча за даними авторефрактометрії відмічено незначне підсилення рефракції (на OD sph-0,25 дптр ; на OS sph - 0,25 дптр), що не впливало на якість зору. Показники тонометрії по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки відновилися до майже

висхідних показників і склали на OD = 11,3 мм.рт.ст. та на OS = 10,6 мм.рт.ст. така ж тенденція зафіксована і в показниках фактору резистентності рогівки (ФРР OD = 9 мм.рт.ст., OS = 8,5 мм.рт.ст.) та корнеального гістерезису (КГ OD = 9,2 мм.рт.ст., OS = 9,7 мм.рт.ст.). Показники ПЗР ока не відрізнялися від таких до операції. Все це свідчить про повне відновлення показників, що впливають на внутрішньоочний тиск, міцнісні характеристики рогівки, якісний склад сльози та некориговану гостроту зору при застосуванні технології ReLEx SMILE.

Клінічний приклад 2.

Пацієнтка П. 1991 р.н. з клінічно встановленим діагнозом: «Міопія слабого ступеня, складний міопічний астигматизм прямого типу обох очей». На первинному передопераційному огляді гострота зору гострота зору:

OD = 0,09 з корекцією sph-2,25 дптр cyl -1,0 дптр ax 10 = 1,0;

OS = 0,15 з корекцією sph-1,75 дптр cyl -1,0 дптр ax 170 = 1,0.

Дані показників оптичної біометрії ORA: тонометрія по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки :

OD = 14,2 мм.рт.ст., OS = 14,1 мм.рт.ст;

Фактор резистентності рогівки (ФРР) OD = 13, OS = 12,3;

Корнеальний гістерезис (КГ) OD = 13, OS = 12,5.

Показники оптичної біометрії:

ПЗР OD = 23,93 мм, OS = 23,73 мм.

В кристалограмах сльози обох очей порушень архітекτονіки зон кристалограм не було виявлено. Сумарна оцінка кристалограми у балах становила:

ОД - 12,2 бали, OS - 12,3 бали .

Пацієнту була виконана лазерна корекція методом Femto-LASIK.

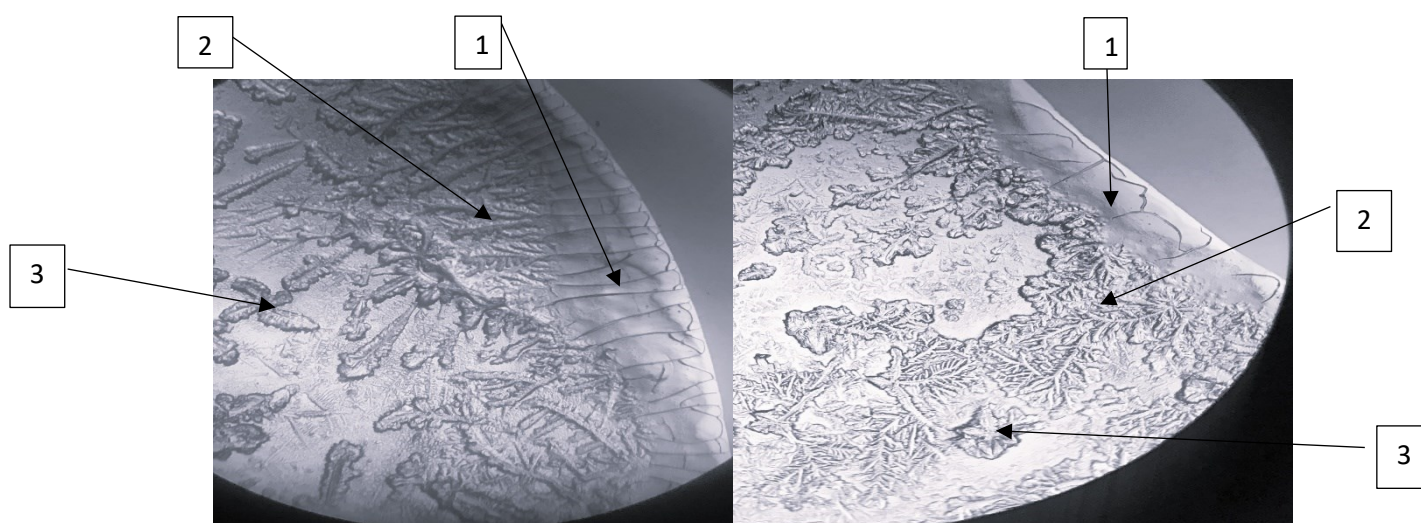
Через 1 місяць після операції гострота зору відновилася до 1,0 на OD, до 0,9 на OS. Дані показників оптичної біометрії ORA були наступними: ВОР по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки знизився і

становив OD = 11,2 мм.рт.ст. (до операції 14,2 мм.рт.ст.), OS = 11,1 мм.рт.ст (14,1 мм.рт.ст.);

Фактор резистентності рогівки (ФРР) OD = 9,3 (до операції- 13,0); OS = 8,7 (до операції- 12,3);

Корнеальний гістерезис (КГ) OD = 8,1 ((до операції- 13,0); OS = 8,5 (до операції- 12,5).

Протягом 1го місяця у пацієнта відмічалися зміни в нативній фації сльози, що представлені на рисунках 5.6 (А,Б). саме зменшення розмірів крайової зони, хаотичне розташування тріщин та кількості характерних множинних розгалужень типу папороті, збільшення хаотично розташованих чотирикутних кристалів в центральній зоні, що свідчить про значні зміни якісного складу сльози. Аналогічні зміни кристалограм реєструвалися і на лівому оці, тому пацієнтці додатково призначалися сльозозамінні препарати.



А

Б

Рисунок 5.6 - Фрагменти фації сльози до та після оперативного втручання.

Примітки:

А. Фрагмент фації сльози до операції 1. Хвилеподібний периферичний пояс. 2. Проміжний пояс представлений папороподібними кристалами з тонкими та короткими осьовими променями. 3. У центральному поясі – чотирикутні кристали. (2-й тип за М. Rolando).

В. Фрагмент фації сльози через 1 місяць після операції 1. Зменшені розміри крайової зони з хаотичним розміщенням тріщин. 2. Зменшення кількості характерних множинних розгалужень типу папороті. 3. В центральній зоні хаотично розташовані множинні чотирикутні кристали (3-й тип за М. Rolando).



Через 1 рік гострота зору OD = 1,0, OS = 1,0. Данні авторефрактометрії на OD sph 0 дптр cyl -0,25 дптр ax 19; на OS sph 0 дптр cyl -0,5 дптр ax 120. Дані показників оптичної біометрії ORA через 1 рік були наступними: тонометрія по Гольдману з урахуванням пружно-еластичних властивостей рогівки OD = 11,9 мм.рт.ст., OS = 10,8 мм.рт.ст.; ФРР OD = 9,4 мм.рт.ст., OS = 8,9 мм.рт.ст., КГ OD = 9,9 мм.рт.ст., OS = 10,7 мм.рт.ст. Показники ПЗР не відрізнялися від таких до операції.

Як було вказано у другому розділі, особливості морфологічної будови кристалів у центральній та проміжній зонах кристалізації відображають стан балансу компонентного складу слізної рідини. Форма та швидкість утворення кристалів у проміжній зоні залежать від концентрації органічних речовин, зокрема низькомолекулярних білків, а також від вмісту неорганічних солей.

При дистрофічному типі кристалізації спостерігається порушення рівноваги між білковими та сольовими компонентами, що проявляється надлишком неорганічних солей. Навпаки, нормальний тип кристалізації вказує на оптимальне співвідношення цих компонентів, оскільки рівномірний розподіл кристалізаційних зон та формування виразних папоротеподібних структур є ознакою достатньої концентрації білків та солей у слізній рідині. Наведені в даному розділі результати дослідження якісного складу сльози на основі кристалографії свідчать, що технологія Femto-LASIK в більшій мірі впливає на розвиток синдрому сухого ока в післяопераційному періоді, ніж технологія ReLEx SMILE.

Резюме до розділу 5

Проведені нами дослідження кристалограм сльози на очах з міопією слабкого та середнього ступеня та міопічним астигматизмом показали, що висхідно рідко діагностується синдром сухого ока, а якщо такі скарги присутні, то вони не пов'язані зі змінами якісного складу сльози. до та після проведення рефракційних операцій із застосуванням фемтосекундного лазера свідчать про незначні зміни білково-електролітного складу слізної рідини. Аналіз

передопераційних кристалограм у пацієнтів на досліджуваних очах показав лише поодинокі незначні відхилення в білково-електролітному складі сльози: загальна оцінка кристалографічного профілю становила $12,3 \pm 0,2$ бали.

Вивчення впливу різних технологій лазерної корекції зору з використанням фемтосекундного лазера на якісний склад сльози показало більш значний вплив технології Femto- LASIK в порівнянні з технологією ReLEx SMILE, що проявлялося більш вираженим порушенням архітекtonіки кристалів. Нормальна архітекtonіка крайової білкової зони зберігалася в 73 % випадків при застосуванні методики Femto- LASIK проти 92 % при застосуванні технології ReLEx SMILE. Характерним маркером порушення електролітного складу сльози після лазерної корекції зору в кристалограмі є поява множинних хаотично розташованих чотирикутних кристалів в центральній зоні, що реєструється в 8% випадків при ReLEx SMILE та в 13,3 % випадків при застосуванні Femto- LASIK.

Водночас, після корекції методом ReLEx SMILE не було виявлено змін у проміжній зоні кристалограми в той час як при корекції методом Femto- LASIK папоротникоподібні структури, які утворюються при одночасній кристалізації білків і солей, набували вигляду дихотомічних розгалужень в 4% випадків, що є незначним відхиленням від норми.

Загалом представлені в даному розділі дослідження показують також цінність та інформативність методу кристалографії сльози для визначення якісного, а саме білково-електролітного, складу сльози та можливість визначення його змін під впливом різних фізичних та механічних факторів, до яких і відносяться технології лазерної корекції зору.

Матеріали розділу відображені в 1 статті [121] та 1 тезах.

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Останні десятиліття відзначилися стрімким зростанням кількості пацієнтів із міопією та міопічним астигматизмом, що зробило цю проблему однією з ключових у сучасній офтальмології. Тому проведений патентний пошук та аналіз сучасної літератури підтвердив актуальність теми та завдань дисертаційного дослідження. За прогнозами Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), до 2050 року майже 50% населення світу матиме міопію, а частка людей із високим ступенем короткозорості значно збільшиться [1]. Така тенденція викликає занепокоєння, адже висока міопія асоціюється зі значним підвищенням ризику серйозних офтальмологічних ускладнень та втрати зору.

Вивчення причин міопії доводить, що цей процес є багатофакторним: він обумовлений поєднанням генетичних та зовнішніх чинників. Генетичні дослідження свідчать, що наявність міопії в одного або обох батьків суттєво підвищує ймовірність розвитку цього стану у дитини. Наприклад, у дітей, в яких один із батьків має міопію, ризик розвитку короткозорості збільшується у 2 рази, а якщо міопія є в обох батьків – цей ризик підвищується у 6 разів [10].

Проте, генетика – це лише один з аспектів проблеми. Дедалі більше досліджень підтверджують важливу роль зовнішніх чинників у розвитку міопії. Одним із ключових чинників є тривала робота на близькій відстані, особливо під час навчання або при використанні цифрових пристроїв. Підвищена зорова навантаження та недостатня експозиція природного світла стимулюють подовження очного яблука, що веде до прогресування короткозорості [123]. Окрім міопії, важливу роль відіграє міопічний астигматизм, який часто супроводжує короткозорість. Він розвивається через неоднорідний ріст очного яблука та рогівки, що призводить до викривлення її кривизни.

Для корекції міопії та міопічного астигматизму існує кілька основних методів: оптична корекція (окуляри та контактні лінзи), ортокератологія та хірургічні методи (лазерна корекція, імплантація факічних лінз). Найпростішим

способом корекції залишаються окуляри, однак вони мають низку недоліків, таких як обмеження периферійного зору та можливість деформації зорового поля. Контактні лінзи забезпечують більш природний зір та є більш зручними для активного способу життя, але потребують ретельного догляду, а їхнє тривале носіння може спричинити розвиток синдрому сухого ока [124]. Альтернативою є ортокератологія, що передбачає використання спеціальних жорстких контактних лінз, які тимчасово змінюють форму рогівки під час сну, дозволяючи пацієнтам обходитися без засобів корекції протягом дня. Проте цей метод ефективний лише при короткозорості до -6.00 діоптрій та астигматизмі до -1.75D діоптрій [125].

Однак, найбільш ефективним методом корекції міопії та міопічного астигматизму залишається лазерна рефракційна хірургія, що дозволяє досягти стабільного рефракційного ефекту та суттєво покращує якість життя пацієнтів.

Лазерна корекція зору стала справжнім проривом у рефракційній хірургії та відкрила можливість мільйонам людей позбутися необхідності носіння окулярів або контактних лінз. Проте, попри її високу ефективність і передбачувані результати, цей метод не позбавлений ризиків. Важливо розуміти, що лазерне втручання – це не просто процедура, а глибоке втручання в біомеханіку рогівки, і саме це зумовлює потенційні післяопераційні ускладнення. Одним із найбільш поширених ускладнень лазерної корекції зору є регрес рефракційного ефекту. Це явище характеризується тим, що через певний час після операції рефракція починає повертатися до вихідного стану. Регрес найчастіше спостерігається у пацієнтів із високим ступенем міопії (> -6.25 діоптрій) та після PRK і LASIK.

Причинами розвитку рефракційного регресу вважають: ремоделювання рогівкової тканини (рогівка має здатність до регенерації та частково відновлює попередню форму після операції), епітеліальна гіперплазія (потовщення епітеліального шару рогівки після абляції) [126], нестабільність біомеханічних властивостей рогівки – особливо після LASIK та Femto-LASIK, коли внаслідок формування клаптя може відбутися структурне ослаблення рогівки [127], а

найбільш стабільний рефракційний ефект у довготривалій перспективі забезпечує метод ReLEx SMILE, оскільки він зберігає інтегральну структуру рогівки та має мінімальний вплив на її біомеханічні властивості [115].

Ще одним частим ускладненням після лазерної корекції зору є синдром сухого ока (ССО). Це стан, при якому порушується стабільність слізної плівки, що призводить до відчуття дискомфорту, подразнення, печіння та нестабільності зору. Вважається, що основними причинами виникнення ССО після лазерної корекції можуть бути пошкодження нервових закінчень рогівки під час операції, що призводить до тимчасового зниження рефлексорної сльозопродукції [6]; зміна кривизни рогівки після лазерного втручання, що може порушувати рівномірний розподіл слізної плівки; формування клаптя (LASIK, Femto - LASIK), що може пошкодити нервові закінчення, відповідальні за рефлексорне зволоження ока. Eid M. Z., Sobhy A. M., Abdelaziz A. M. описують, що найбільший ризик розвитку ССО спостерігається у пацієнтів після Femto-LASIK та PRK. Натомість, ReLEx SMILE забезпечує найнижчий рівень порушень сльозопродукції завдяки меншій травматичності для рогівки [8].

Одним із ключових завдань цього дослідження було оцінити ефективність різних методик лазерної корекції зору (LASIK, Femto-LASIK, LASEK, ReLEx SMILE) у пацієнтів із міопією та міопічним астигматизмом. Оскільки сучасна офтальмологія активно впроваджує інноваційні технології рефракційної хірургії, важливо не лише досягати короткострокового поліпшення гостроти зору, а й забезпечувати стабільність рефракційного ефекту в довготривалій перспективі. У ході дослідження було проаналізовано амбулаторні карти 41 пацієнта (80 очей), які проходили лікування у медичному центрі «Візу» у період з 2012 по 2018 рік. Крім того, у динамічному спостереженні брали участь 59 пацієнтів (112 очей), що дозволило простежити зміни рефракційних показників у післяопераційний період та оцінити частоту виникнення регресу рефракційного ефекту.

Усі пацієнти були розподілені на три основні групи залежно застосованої методики лазерної корекції: група 1 (LASEK) – 31 пацієнт (53 ока), група 2

(LASIK/Femto-LASIK) – 44 пацієнти (80 очей), група 3 (ReLEx SMILE) – 25 пацієнтів (50 очей).

Всі оперативні втручання виконувалися трьома хірургами за єдиним протоколом, на всіх прооперованих очах застосовувалась єдина схема післяопераційного лікування, що мінімізувало варіативність результатів через технічні особливості операції та подальшого моніторингу. Пацієнти спостерігалися протягом одного року після хірургічного втручання, що дозволило отримати об'єктивні дані щодо стабільності корекції та динаміки всіх досліджуваних параметрів. Отримані результати були проаналізовані у зіставленні з даними інших дослідників, що дозволило оцінити загальні тенденції та визначити сильні й слабкі сторони кожної методики.

Метод LASEK (Laser Epithelial Keratomileusis) часто застосовується у пацієнтів із тонкою рогівкою або іншими протипоказаннями до LASIK. На відміну від PRK, LASEK передбачає збереження епітеліального шару, що може сприяти зниженню післяопераційного дискомфорту та швидшому загоєнню [128].

Одержані нами дані показали, що в післяопераційному періоді через 6 місяців після операції гострота зору без корекції досягала 1.0 у 92 % пацієнтів, а через 12 місяців у 7,5 % випадків зафіксовано регрес рефракції. Такі ж дані були отримані Campos et al., які також припустили, що рефракційний регрес після LASEK може бути спричинений епітеліальною гіперплазією та частковою компенсацією змін кривизни рогівки [57].

Інші дослідники, зокрема Taneri et al., вважають, що регрес рефракційного ефекту після LASEK є частішим у пацієнтів з високими показниками міопії (> -6.25 D), що пояснюється більш значною перебудовою рогівкової тканини. Таким чином, хоча LASEK є ефективним методом для пацієнтів з тонкою рогівкою, він демонструє меншу стабільність рефракційного ефекту порівняно з іншими методиками, особливо при високих ступенях міопії [129].

LASIK та Femto-LASIK є найбільш поширеними видами лазерної корекції, оскільки забезпечують швидке відновлення зору та мінімальний дискомфорт у

післяопераційному періоді. Основна відмінність між цими двома процедурами полягає у методі створення рогівкового клаптя- у LASIK він формується механічним мікрокератомом, а у Femto-LASIK – фемтосекундним лазером, що забезпечує більшу точність та знижує ризик ускладнень.

У нашому дослідженні у групі, де операція виконувалась за методом LASIK (50 очей) стабільний рефракційний ефект зберігався у 90 % випадків через 12 місяців після операції. Однак, у 10 % пацієнтів було зафіксовано частковий регрес рефракції, що узгоджується з даними Torricelli et al. (2014), які також виявили середній рівень регресу після LASIK у 12-18 % пацієнтів. Група, застосовувалась технологія Femto-LASIK (30 очей), показала кращу стабільність результату і регрес рефракції не було зафіксовано.

За даними Reinstein et al. (2017), використання фемтосекундного лазера дозволяє створювати більш гладкий та рівномірний рогівковий клапоть, що мінімізує ризик післяопераційного стоншення рогівки та розвитку ектазії. Це пояснює кращі результати Femto-LASIK порівняно з традиційним LASIK.[7]

Регрес рефракції після LASIK у нашому дослідженні корелював зі зниженням ригідності рогівки, що було підтверджено вимірюванням біомеханічних параметрів за допомогою Ocular Response Analyzer (ORA). Аналогічні висновки були зроблені Liu et al. які виявили, що зменшення рогівкової жорсткості після LASIK може бути ключовим фактором розвитку рефракційного регресу. [130]

Метод ReLEx SMILE є найсучаснішою методикою лазерної корекції, яка не передбачає створення рогівкового клаптя, що зберігає біомеханічні властивості рогівки. Отримані результати підтвердили високу ефективність цього методу: 100 % пацієнтів мали стабільний рефракційний ефект через 12 місяців після операції. Дані нашого дослідження узгоджуються з результатами Ambrósio et al., які також зафіксували вищу стабільність рефракції після ReLEx SMILE порівняно з LASIK та LASEK [131]. Більш стабільні результати після застосування технології SMILE пояснюються тим, що рогівка зазнає мінімального впливу, оскільки не формується клапоть, та зберігається

інтегральна структура рогівкових шарів, що сприяє меншій перебудові тканини після операції. Крім того, Sekundo et al.[52] довели, що метод ReLEx SMILE має значно менший ризик розвитку синдрому сухого ока, що також узгоджується і з результатами нашого дослідження.

Далі нами була проведена оцінка змін внутрішньоочного тиску та біомеханічних властивостей рогівки, після лазерної корекції міопії та міопічного астигматизму методами LASIK, Femto-LASIK, LASEK, ReLEx SMILE. Вивчались динаміка корнеального гістерезису (КГ) та фактору резистентності рогівки (ФРР) за допомогою аналізатора біомеханічних властивостей рогівки (ORA).

Проведений нами аналіз динаміки показників внутрішньоочного тиску виявив їх зниження на всіх прооперованих очах. Зважаючи на аналогічні зміни показників рогівково-компенсованого BOT, який обчислюється з урахуванням товщини рогівки та факторів її резистентності можна стверджувати, що основний вклад в динаміку змін BOT вносить не зміна кривизни та товщини рогівки, а інші фактори. Нами було встановлено, що найбільше та достовірно BOT за Гольдманом та рогівково-компенсований внутрішньоочний тиск зменшується при використанні тих методик, що потребують застосування вакууму – при технології LASIK BOT за Гольманом знизився на 35,6 %, а рогівково- компенсаторний BOT на 6,9 %, при технології FEMTO- LASIK BOT знизився на 17,4 %, а рогівково- компенсаторний BOT на 10,32 %, при технології ReLEx SMILE зменшення BOT за Гольдманом відмічено на 29,7 %, а рогівково-компенсованого BOT - на 10,14 %.

В той же час на очах, де корекція проводилася методом LASEK, який не потребує застосування вакууму, показники BOT за Гольдманом знизились найменше – на 15,2 %, а рогівково- компенсаторний BOT – на 4,14 %. В подальшому показники BOT та рогівково- компенсаторний BOT дещо відновлюються, але навіть через рік не досягають висхідних величин. Отримані дані підтверджують висловлене нами раніше припущення про те, що зміни внутрішньоочного тиску після рефракційної хірургії можуть бути викликані

впливом вакууму на мікроциркуляторне русло ока, так як найбільше зниження згаданих показників відмічено при застосуванні технологій з використанням вакуумних кілець, а саме LASIK, Femto -LASIK та ReLEx SMILE.

Відомо, що корнальний гістерезис (КГ) є важливим показником в'язкоеластичних властивостей рогівкової тканини, що відображає її здатність до амортизації при механічних навантаженнях. У нашому дослідженні було встановлено, що після лазерної корекції міопії та міопічного астигматизму методом LASIK та Femto-LASIK спостерігається найбільше зниження рогівкового гістерезису – у середньому на 20-25% у перші 1-6 місяців після операції. Ці зміни пов'язані з формуванням рогівкового клаптя та порушенням цілісності передніх шарів строми рогівки. Подібні результати були отримані в роботах Li et al. , які довели, що після LASIK спостерігається суттєве зниження показників КГ. Автори вважали, що це підвищує ризик розвитку післяопераційної ектазії рогівки, особливо у пацієнтів із вихідною товщиною рогівки менше 500 мкм [132].

Аналіз одержаних показників КГ після лазерної корекції методом ReLEx SMILE, зниження КГ також фіксується, але в значно менших межах - у середньому на 8-12 %, що підтверджує висновки Ambrósio et al. про збереження більшої механічної цілісності рогівки при використанні цього методу [131].

При використанні методу LASEK на прооперованих очах спостерігалось мінімальне зниження рогівкового гістерезису (на 5-10 %), що можна пояснити тим, що при цьому методі не формується рогівковий клапоть, тобто не порушує інтегральну структуру рогівкової строми. Подібні результати також були отримані в дослідженнях Dou et al., де автори довели, що технологія LASEK спричиняє найменші зміни у механічних властивостях рогівки у порівнянні з методами LASIK та Femto-LASIK [133].

Динаміка фактору резистентності рогівки (ФРР) була аналогічною корнеальному гістерезису, тобто у при застосуванні методів LASIK та Femto-LASIK спостерігалось найбільше зниження ФРР – у середньому на 15-20 % протягом перших 6 місяців після операції. Це також пов'язано з розсіченням



передніх шарів рогівки, які відіграють ключову роль у підтримці її біомеханічної стабільності. У групі, де виконувалася методика ReLEx SMILE: зниження ФРР було значно менш вираженим (5-8 %), що підтверджує менший вплив цього методу на механічні характеристики рогівки. Дослідження Xin et al. показало аналогічні результати, згідно з якими SMILE забезпечує кращу стабільність біомеханічних параметрів рогівки у довготривалій перспективі [134]. При лазерній корекції методом LASEK, показник ФРР знижувався мінімально (на 3-6 %), що відповідає даним Guo et al. які довели, що методи поверхневої абляції (LASEK) мають менший вплив на біомеханіку рогівки у порівнянні з методами, що включають формування клаптя [135]. Наші результати узгоджуються і з дослідженнями Li et al., Reinstein et al., Guo et al. та інших авторів, які підтвердили, що метод ReLEx SMILE має найменший негативний вплив на біомеханічні властивості рогівки, що робить його методом оптимального вибору. Метод LASEK, хоча і має тривалий період реабілітації, виявився найбільш безпечним у контексті змін біомеханічних характеристик рогівки, що підтверджується і нашими дослідженнями і роботами інших авторів [115,132, 135, 136].

Наші результати узгоджуються з дослідженнями Reinstein et al., які довели, що ReLEx SMILE забезпечує найбільшу структурну стабільність рогівки порівняно з іншими методами лазерної корекції зору. Вони відзначили, що середній рівень залишкової товщини рогівки після SMILE залишається достатнім для підтримки біомеханічної цілісності та зниження ризику ектазії [115].

Методи LASIK та Femto-LASIK передбачають формування тонкого рогівкового клаптя за допомогою механічного мікрокератома чи фемтосекундного лазера, що суттєво знижує ригідність рогівки та збільшує ризик розвитку біомеханічної нестабільності [132, 135].

Одним із ключових напрямів нашого дослідження було вивчення змін у кристалографії слізної рідини після рефракційної хірургії. Даний метод дозволив оцінити структуру білкових, сольових та електролітних компонентів сльози, що



відіграє вирішальну роль у стабільності слізної плівки та комфорту пацієнта після операції. Було встановлено, що ступінь зміни архітекτονіки кристалів у слізній рідині суттєво варіювався залежно від методу корекції. У пацієнтів, яким було виконано Femto-LASIK, у 26 % випадків виявлено порушення структури кристалограм: зменшення розгалуження та втрата чіткої крайової зони, у 14 % випадків – фрагментація білкової зони, що є маркером порушення водно-ліпідного балансу сльози.

Для пацієнтів, які перенесли ReLEx SMILE, ситуація виглядала набагато стабільнішою. У 97 % випадків структурні зміни були мінімальними або повністю відсутні, що вказує на збереження нормального стану слізної плівки. У групі LASEK відзначено середній рівень змін, що відповідав показникам Femto-LASIK, однак регенерація відбувалася повільніше. У 20 % випадків спостерігалася фрагментація білкової структури, що могло бути наслідком запального процесу та затримки загоєння. Виявлено, що ступінь порушення структури слізної плівки безпосередньо корелював із частотою розвитку синдрому сухого ока (ССО).

Отримані дані узгоджуються з результатами інших дослідників. Зокрема, Pflugfelder et al. довели, що основна причина післяопераційного синдрому сухого ока полягає у пошкодженні нервових закінчень рогівки під час формування рогівкового клаптя при Femto-LASIK. Це підтверджують також дослідження Post-LASIK Dry Eye Disease (2023), де наголошується, що рефлекторна продукція сльози значно знижується після створення клаптя, тоді як при ReLEx SMILE іннервація рогівки зберігається значно краще [6].

Аналіз динаміки рефракційних змін протягом першого року після операції показав, що порушення стабільності слізної плівки є одним із факторів ризику регресу рефракційного ефекту.

Додаткове використання кристалографії сльози перед операцією дозволить прогнозувати ризик розвитку ССО та заздалегідь коригувати стратегію лікування. Ці результати мають практичне значення для покращення прогнозування ускладнень та оптимізації вибору методу лазерної корекції.



1714651370980773

Пацієнтам з тенденцією до синдрому сухого ока та початковими змінами у структурі слізної плівки слід надавати перевагу ReLEx SMILE, оскільки цей метод забезпечує найменшу травматизацію рогівкових нервів та мінімальний вплив на слізну плівку.

ВИСНОВКИ

1. Розвиток рефракційної хірургії та широке впровадження різних методик та технологій в клінічну практику лікування міопії та міопічного астигматизму висвітлює питання безпеки того чи іншого методу, пов'язані з їх впливом на різні фактори, які забезпечують стабільність та прогнозованість досягнутих результатів, таких як внутрішньоочний тиск, міцнісні характеристики рогової оболонки та розвиток синдрому сухого ока та підіймає питання доцільності вибору хірургічної техніки для кожного конкретного пацієнта.

2. Лазерна корекція зору на очах з міопією та міопічним астигматизмом дозволяє досягти прогнозованої некоригованої гостроти зору у всіх випадках, незалежно від обраного методу корекції. Однак регрес рефракційного ефекту через рік після операції найчастіше спостерігається на очах, де застосовувалися методика LASIK – в 10 % випадків та LASEK – в 7,5% випадків. Тоді як Femto-LASIK та ReLEx SMILE характеризувались повною стабільністю отриманих рефракційних результатів, що зумовлено меншою інвазивністю методу та мінімальним впливом на біомеханічні властивості рогівки.

3. Встановлено, що найбільший вплив на внутрішньоочний тиск мають методики із застосуванням вакууму через його вплив на мікроциркуляторне русло ока, який залежить від сили вакууму та часу його дії, що підтверджується зниженням BOT за Гольдманом 35,6 % при технології LASIK, на 17,4 % при технології FEMTO- LASIK і на 29, 7 % при технології ReLEx SMILE.

4. Найбільший вплив на показники корнеального гістерезису та фактору резистентності рогівки мають технології, пов'язані з викроюванням рогівкового лоскуту, а саме LASIK та Femto -LASIK. Так, при методиці LASIK, де рогівковий лоскут формується за допомогою механічного мікрокератому показник ФРР знижується на 16,1 %, а КГ – на 17,5 %.. Застосування методики Femto -LASIK супроводжується зниженням показника ФРР на 21,5 %, а КГ – на 20,5%. Методи LASEK та ReLEx SMILE демонструють мінімальний вплив на біомеханічні властивості рогівки.



5. Вивчення впливу різних технологій лазерної корекції зору на якісний склад сльози на основі кристалографії показало більш значний вплив технології Femto- LASIK в порівнянні з технологією ReLEx SMILE. Нормальна архітектоніка крайової білкової зони зберігалася в 73 % випадків при застосуванні методики Femto- LASIK проти 92 % при застосуванні технології ReLEx SMILE.



1714651370980773

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Впроваджено алгоритм прогнозування ризику розвитку ускладнень після лазерної корекції зору, який використовується в клінічній практиці офтальмологічних центрів.

Отримані результати дозволили удосконалити підхід до вибору методу лазерної корекції, що сприяє підвищенню ефективності втручань та зниженню ризику регресу рефракційного ефекту.

Запропоновано систему динамічного спостереження за пацієнтами після лазерної корекції, яка базується на оцінці змін біомеханічних властивостей рогівки, параметрів слізної плівки та стабільності рефракційного ефекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050 / B. A. Holden, T. R. Fricke, D. A. Wilson et al. *Ophthalmology*, 2016. Vol. 123, N 5. P. 1036-1042. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2016.01.006>
2. Refractive surgery / T. I. Kim, J. L. Alió Del Barrio, M. Wilkins et al. *Lancet*. 2019. Vol. 393, N 10185. P. 2085-2098. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)33209-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)33209-4)
3. Intraocular Pressure Changes and Relationship With Corneal Biomechanics After SMILE and FS-LASIK / H. Li, Y. Wang, R. Dou et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2016. Vol. 57, N 10. P. 4180-4186. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19615>
4. Torricelli A. A., Bechara S. J., Wilson S. E. Screening of refractive surgery candidates for LASIK and PRK. *Cornea*. 2014. Vol. 33, N 10. P. 1051-1055. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000171>
5. LASIK for the Correction of High Hyperopic Astigmatism With Epithelial Thickness Monitoring / D. Z. Reinstein, G. I. Carp, T. J. Archer et al. *Journal of refractive surgery*. 2017. Vol. 33, N 5. 314-321. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20170111-04>
6. Pflugfelder S. C., de Paiva C. S. The Pathophysiology of Dry Eye Disease: What We Know and Future Directions for Research. *Ophthalmology*. 2017. Vol. 124, N 11S. Art. S4-S13. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2017.07.010>
7. Dry eye after LASIK surgery: Comprehensive review and update of literature / A. Alamri, A.A.M. Alshehri, A.S.R. Alshamrani et al. *Bahrain Medical Bulletin*. 2024. Vol. 46, N. 2. P. 2137-2137.
8. Eid M. Z., Sobhy A. M., Abdelaziz A. M. Corneal Biomechanical Changes after Laser Assisted in Situ Keratomileusis (LASIK), Femtosecond LASIK and Photorefractive Keratectomy (PRK). *Al-Azhar International Medical Journal*. 2024. Vol. 5, N 7. Art. 14. <https://doi.org/10.58675/2682-339X.2532>



9. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error / D. O. Mutti, G. L. Mitchell, M. L. Moeschberger et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2002. Vol. 43, N 12. P. 3633-3640.
10. Foster P. J., Jiang Y. Epidemiology of myopia. *Eye*. 2014. Vol. 28, N 2. P. 202-208. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.280>
11. GLRA2 gene mutations cause high myopia in humans and mice / Q. Tian, P. Tong, G. Chen et al. *Journal of medical genetic.*, 2023. Vol. 60, N 2. P. 193-203. <https://doi.org/10.1136/jmedgenet-2022-108425>
12. Carr B. J., Stell W. K. *The Science Behind Myopia. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System* / eds. H. Kolb et. al. University of Utah Health Sciences Center. 2017.
13. Myopia Prevention and Outdoor Light Intensity in a School-Based Cluster Randomized Trial / P. C. Wu, C. T. Chen, K. K. Lin et al. *Ophthalmology*. 2018. Vol. 125, N 8. P. 1239-1250. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.12.011>
14. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia / L. A. Jones, L. T. Sinnott, D. O. Mutti et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2007. Vol. 48, N 8. P. 3524-3532. <https://doi.org/10.1167/iovs.06-1118>
15. Pan C. W., Ramamurthy D., Saw S. M. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic & physiological optics*. 2012. Vol. 32, N 1. P. 3-16. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x>
16. Refractive error and ethnicity in children / R. N. Kleinstei, L. A. Jones, S. Hullett et al. *Archives of ophthalmology*. 2003. Vol. 121, N 8. P. 1141-1147. <https://doi.org/10.1001/archopht.121.8.1141>
17. Prevalence rates of refractive errors in Sumatra, Indonesia / S. M. Saw, G. Gazzard, D. Koh et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2002. Vol. 43, N 10. P. 3174-3180.
18. Heritability and Genetic Factors of Astigmatism and Corneal Curvature: a Systematic Review and Meta-analysis / E. Shing, K. W. Kam, E. Zaabaar et al. *American Journal of Ophthalmology*. 2024. Vol. 269. P. 161-171. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2024.08.019>



19. Jacobi F. K., Pusch C. M. A decade in search of myopia genes. *Frontiers in bioscience*. 2010. Vol. 15, N 1. P. 359-372. <https://doi.org/10.2741/3625>
20. Associations between corneal curvature and other anterior segment biometrics in young myopic adults / L. Jiang, Z. Du, W. Sun et al. *Scientific reports*. 2024. Vol. 14, N 1. P. 8305. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59037-z>
21. Harb E. N., Wildsoet C. F. Origins of Refractive Errors: Environmental and Genetic Factors. *Annual review of vision science*. 2019. Vol. 5. P. 47-72. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-091718-015027>
22. Coles-Brennan C., Sulley A., Young G. Management of digital eye strain. *Clinical & experimental optometry*. 2019. Vol. 102, N 1. P. 18-29. <https://doi.org/10.1111/cxo.12798>
23. Relationship of lifestyle and body stature growth with the development of myopia and axial length elongation in Taiwanese elementary school children / C. Y. Huang, C. H. Hou, K. K. Lin et al. *Indian journal of ophthalmology*. 2014. Vol. 62, N 8. P. 865-869. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.141047>
24. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: a comparison of vision-related quality-of-life measures between orthokeratology contact lenses and single-vision spectacles / J. Santodomingo-Rubido, C. Villa-Collar, B. Gilmartin, R. Gutiérrez-Ortega. *Eye & contact lens*. 2013. Vol. 39, N 2. P. 153-157. <https://doi.org/10.1097/ICL.0b013e31827a0241>
25. Koffler B. H., Sears J. J. Myopia control in children through refractive therapy gas permeable contact lenses: is it for real?. *American journal of ophthalmology*. 2013. Vol. 156, N 6. P. 1076-1081.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.04.039>
26. Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis / D. Wen, C. McAlinden, I. Flitcroft et al. *American journal of ophthalmology*, 2017. Vol. 178. P. 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.03.013>



27. Complications of myopic photorefractive keratectomy with the excimer laser / T. Seiler, A. Holschbach, M. Derse et al. *Ophthalmology*. 1994. Vol. 101, N 1. P. 153-160. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(94\)31371-6](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(94)31371-6)
28. Trokel S. L., Srinivasan R., Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. *American journal of ophthalmology*. 1983. Vol. 96, N 6. P. 710-715. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)71911-7](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)71911-7)
29. Stein R. Photorefractive keratectomy. *International ophthalmology clinics*, 2000. Vol. 40, N 3. P. 35-56. <https://doi.org/10.1097/00004397-200007000-00007>
30. Tomás-Juan J., Murueta-Goyena Larrañaga A., Hanneken L. Corneal Regeneration After Photorefractive Keratectomy: A Review. *Journal of optometry*. 2015. Vol. 8, N 3. P. 149-169. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2014.09.001>
31. Changes in corneal topography after excimer laser photorefractive keratectomy for myopia / S. E. Wilson, S. D. Klyce, M. B. McDonald et al. *Ophthalmology*. 1991. Vol. 98, N 9. P. 1338-1347. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(91\)32127-4](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(91)32127-4)
32. Mechanical versus alcohol-assisted epithelial debridement during photorefractive keratectomy: a confocal microscopic clinical trial / B. Einollahi, A. Baradaran-Rafii, M. Rezaei-Kanavi et al. *Journal of refractive surgery*. 2011. Vol. 27, N 12. P. 887-893. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20110823-02>
33. Tuunanen T. H., Tervo T. T. Results of photorefractive keratectomy for low, moderate, and high myopia. *Journal of refractive surgery*. 1998. Vol. 14, N 4. P. 437-446. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-19980701-10>
34. Comparison of the effect of cycloplegic versus NSAID eye drops on pain after photorefractive keratectomy / K. Abri Aghdam, H. Aghaei, S. Shokrollahi et al. *Journal of current ophthalmology*. 2016. Vol. 27, N 3-4. P. 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.joco.2015.11.006>
35. Management of Corneal Haze After Photorefractive Keratectomy / M. Moshirfar, Q. Wang, J. Theis et al. *Ophthalmology and therapy*. 2023. Vol. 12, N 6. P. 2841-2862. <https://doi.org/10.1007/s40123-023-00782-1>

36. Swinger C. A., Barraquer J. I. Keratophakia and keratomileusis--clinical results. *Ophthalmology*. 1981. Vol. 88, N 8. P. 709-715. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(81\)34958-6](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(81)34958-6)
37. Laser in situ keratomileusis / I. G. Pallikaris, M. E. Papatzanaki, E. Z. Stathi et al. *Lasers in surgery and medicine*. 1990. Vol. 10, N 5. P. 463-468. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900100511>
38. Six-month results of the multicenter phase I study of excimer laser myopic keratomileusis / S. F. Brint, D. M. Ostrick, C. Fisher et al. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1994. Vol. 20, N 6. P. 610-615. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(13\)80648-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(13)80648-7)
39. Safety and Precision of Two Different Flap-morphologies Created During Low Energy Femtosecond Laser-assisted LASIK / J. Steinberg, J. Mehlan, B. Mudarisov et al. *Journal of ophthalmic & vision research*. 2023. Vol. 18, N 1. P. 3-14. <https://doi.org/10.18502/jovr.v18i1.12720>
40. Predicting Success: The Crucial Role of Preoperative Data in Refractive Surgery Outcomes / F., Visalli C. Gagliano, F. D'Esposito et al. *Annali italiani di chirurgia*. 2025. Vol. 96, N 1. P. 19-28. <https://doi.org/10.62713/aic.3778>
41. Kanellopoulos A. J., Asimellis G. Three-dimensional LASIK flap thickness variability: topographic central, paracentral and peripheral assessment, in flaps created by a mechanical microkeratome (M2) and two different femtosecond lasers (FS60 and FS200). *Clinical ophthalmology*. 2013. Vol. 7. P. 675-683. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S40762>
42. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome laser in situ keratomileusis for myopia: Metaanalysis of randomized controlled trials / Z. H. Zhang, H. Y. Jin, Y. Suo et al. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011. Vol. 37, N 12. P. 2151-2159. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.043>
43. Comparison of healing patterns of different side-cut angulations after FS-LASIK / W. Wei, X. Y. Sun, D. Shen et al. *International journal of ophthalmology*. 2021. Vol. 14, N 3. P. 430-435. <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.03.16>



44. Laser epithelial keratomileusis (LASEK) for myopia in patients with a thin cornea / H. Hashemi, A. Fotouhi, N. Sadeghi et al. *Journal of refractive surgery*. 2004. Vol. 20, N 1. P. 90-91. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20040101-20>
45. Alcohol debridement of the corneal epithelium in PRK and LASEK: an electron microscopic study / A. C. Browning, S. Shah, H. S. Dua et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2003. Vol. 44, N 2. P. 510-513. <https://doi.org/10.1167/iovs.02-0488>
46. O'Brart D. P. Excimer laser surface ablation: a review of recent literature. *Clinical & experimental optometry*. 2014. Vol. 97, N 1. P. 12-17. <https://doi.org/10.1111/cxo.12061>
47. Zheng Y., Zhai C. B. Performance of Bandage Contact Lens in Patients Post-ocular Surgeries: A Systematic Literature Review. *Eye & contact lens*. 2023. Vol. 49, N 11. P. 449-458. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000001021>
48. Zhao L. Q., Zhu H., Li L. M. Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy versus Laser In Situ Keratomileusis in Myopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *ISRN ophthalmology*. 2014. Vol. 2014. P. 672146. <https://doi.org/10.1155/2014/672146>
49. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results / W. Sekundo, K. Kunert, C. Russmann et al. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008. Vol. 34, N 9. P. 1513-1520. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.033>
50. Small-incision lenticule extraction / M. V. Moshirfar, M D. Z. cCaughey, M. Reinstein et al. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2015. Vol. 41, N 3. P. 652-665. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.02.006>
51. Sekundo W., Kunert K. S., Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. *The British journal of ophthalmology*, 2011. Vol. 95, N 3. P. 335-339. <https://doi.org/10.1136/bjo.2009.174284>

52. Sekundo W., Gertnere J., Bertelmann T., Solomatin I. One-year refractive results, contrast sensitivity, high-order aberrations and complications after myopic small-incision lenticule extraction (ReLEx SMILE). Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology. 2014. Vol. 252, N 5. P. 837-843. <https://doi.org/10.1007/s00417-014-2608-4>

53. Long-term efficacy and safety profiles following small incision lenticule extraction in eyes with ≥ 5 -year follow-up / M. R. Papa-Vettorazzi, J. L. Güell-Villanueva, J. B. Cruz-Rodriguez et al. European journal of ophthalmology. 2022. Vol. 32, N 6. P. 3333-3339. <https://doi.org/10.1177/11206721221077541>

54. Comparison of Visual, Refractive and Ocular Surface Outcomes Between Small Incision Lenticule Extraction and Laser-Assisted In Situ Keratomileusis for Myopia and Myopic Astigmatism / Y. T. Lau, K. C. Shih, R. H. Tse et al. Ophthalmology and therapy. 2019. Vol. 8, N 3. P. 373-386. <https://doi.org/10.1007/s40123-019-0202-x>

55. Blum M., Lauer A. S., Kunert K. S., Sekundo W. 10-Year Results of Small Incision Lenticule Extraction. Journal of refractive surgery. 2019. Vol. 35, N 10. P. 618-623. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20190826-02>

56. Retreatment for significant regression after excimer laser photorefractive keratectomy. A prospective, randomized, masked trial / D. S. Gartry, D. F. Larkin, A. R. Hill et al. Ophthalmology. 1998. Vol. 105, N 1. P. 131-141. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(98\)91715-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(98)91715-8)

57. Photorefractive keratectomy for severe postkeratoplasty astigmatism / M. Campos, L. Hertzog, J. Garbus et al. American journal of ophthalmology. 1992. Vol. 114, N 4. P. 429-436. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)71854-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)71854-9)

58. Luce D. A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. Journal of cataract and refractive surgery. 2005. Vol. 31, N 1. P. 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.10.044>

59. Khakshoor H., Zarei-Ghanavati M., Saffarian L. Mechanical superficial keratectomy for corneal haze after photorefractive keratectomy with mitomycin C and

extended wear contact lens. *Cornea*. 2011. Vol. 30, N 2. P. 117-120.
<https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181d5d920>

60. Effect of prophylactic and therapeutic mitomycin C on corneal apoptosis, cellular proliferation, haze, and long-term keratocyte density in rabbits / M. V. Netto, R. R. Mohan, S. Sinha et al. *Journal of refractive surgery*. 2006. Vol. 22, N 6. P. 562-574. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20060601-08>

61. Eighteen-year follow-up of excimer laser photorefractive keratectomy / Z. Shalchi, D. P. O'Brart, R. J. McDonald et al. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2015. Vol. 41, N 1. P. 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.05.034>

62. Long-Term Visual and Refractive Stability and Ocular Biometric Changes after Laser-Assisted Subepithelial Keratomileusis for Correction of Myopia: An 8-Year Follow-Up / S. J. Hashemian, A. Es'haghi, P. Abdolalizadeh et al. *Journal of current ophthalmology*. 2022. Vol. 33, N 4. P. 417-421. https://doi.org/10.4103/joco.joco_29_21

63. Refractive Regression and Changes in Central Corneal Thickness Three Years after Laser-Assisted Subepithelial Keratectomy for High Myopia in Eyes with Thin Corneas: A Retrospective Study/ D. Fu, Z. Y. Zhang, L. Wang et al. *Seminars in ophthalmology*. 2017. Vol. 32, N 5. P. 631-641. <https://doi.org/10.3109/08820538.2016.1142579>

64. Predictors affecting myopic regression in - 6.0D to - 10.0D myopia after laser-assisted subepithelial keratomileusis and laser in situ keratomileusis flap creation with femtosecond laser-assisted or mechanical microkeratome-assisted / J. Zhou, W. Gu, S. Li et al. *International ophthalmology*. 2020. Vol. 40, N 1. P. 213-225. <https://doi.org/10.1007/s10792-019-01179-5>

65. Taneri S., Feit R., Azar D. T. Safety, efficacy, and stability indices of LASEK correction in moderate myopia and astigmatism. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004. Vol. 30, N 10. P. 2130-2137. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.02.070>

66. Alio J. L., Soria F. A., Abbouda A., Peña-García P. Fifteen years follow-up of photorefractive keratectomy up to 10 D of myopia: outcomes and analysis of the

refractive regression. The British journal of ophthalmology. 2016. Vol. 100, N 5. P. 626-632. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-306459>

67. Shah R., Shah S. Effect of scanning patterns on the results of femtosecond laser lenticule extraction refractive surgery. Journal of cataract and refractive surgery. 2011. Vol. 37, N 9. P. 1636-1647. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.03.056>

68. Uthoff D., Hebestedt K., Duncker G. I., Spörl E. Einfluss der kornealen Biomechanik auf die Myopieregression nach Laser-in-situ-Keratomileusis [Influence of corneal biomechanical properties on myopic regression after laser in situ keratomileusis]. Der Ophthalmologe. 2013. Vol. 110, N 1. P. 41-47. <https://doi.org/10.1007/s00347-012-2633-9>

69. Pniakowska Z., Jurowski P., Wierzbowska J. Clinical Evaluation of Corneal Biomechanics following Laser Refractive Surgery in Myopic Eyes: A Review of the Literature. Journal of clinical medicine, 2022. Vol. 12, N 1. Art. 243. <https://doi.org/10.3390/jcm12010243>

70. Wavefront-guided LASIK for the correction of primary myopia and astigmatism a report by the American Academy of Ophthalmology / S. C. Schallhorn, A. A. Farjo, D. Huang et al. Ophthalmology. 2008. Vol. 115, N 7. P. 1249-1261. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2008.04.010>

71. Vega-Estrada A., Alio J. L. Femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis for high myopia correction: Long-term follow-up outcomes. European journal of ophthalmology. 2020. Vol. 30, N 3. P. 446-454. <https://doi.org/10.1177/1120672119834478>

72. Lin M. Y., Tan H. Y., Chang C. K. Myopic Regression After FS-LASIK and SMILE. Cornea. 2024. Vol. 43, N 12. P. 1560-1566. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000003573>

73. Corneal Biomechanical Changes and Tissue Remodeling After SMILE and LASIK / R. Shetty, M. Francis, R. Shroff et al. Investigative ophthalmology & visual science. 2017. Vol. 58, N 13. P. 5703-5712. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-22864>

74. Differences in the corneal biomechanical changes after SMILE and LASIK / D. Wang, M. Liu, Y. Chen et al. *Journal of refractive surgery*. 2014. Vol. 30, N 10. P. 702-707. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20140903-09>
75. Short-term outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE) for low, medium, and high myopia / J. Fernández, A. Valero, J. Martínez et al. *European journal of ophthalmology*. 2017. Vol. 27, N 2. P. 153-159. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000849>
76. Chang J. Y., Lin P. Y., Hsu C. C., Liu C. J. Comparison of clinical outcomes of LASIK, Trans-PRK, and SMILE for correction of myopia. *Journal of the Chinese Medical Association : JCMA*. 2022. Vol. 85, N 2. P. 145-151. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000674>
77. Influence of Preoperative Parameters on the Ratio of Keratometric Change per Diopter of Attempted Spherical Equivalent ($\Delta K/\Delta SEQ$) for Myopic Correction Within LASIK, PRK, and SMILE / M. Moshirfar, J. S. Theis, D. S. Cha et al. *Clinical ophthalmology*. 2023. Vol. 17. P. 2563-2573. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S423087>
78. O'Neil E., Lee V., O'Brien J. M. Current Treatment of Conjunctival Malignancies. *Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology* / eds.: D.M. Albert et al. Cham: Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42634-7_319
79. Dry Eye Management: Targeting the Ocular Surface Microenvironment / X. Zhang, J. Jeyalatha, Y. Qu et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18, N 7. Art. 1398. <https://doi.org/10.3390/ijms18071398>
80. Evaluation of Tear Osmolarity Changes After Photorefractive Keratectomy / A. H. Beheshtnejad, H. Hashemian, A. M. Kermanshahani et al. *Cornea*. 2015. Vol. 34, N 12. P. 1541-1544. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000649>
81. Ambrósio R., Jr, Tervo T., Wilson S. E. LASIK-associated dry eye and neurotrophic epitheliopathy: pathophysiology and strategies for prevention and treatment. *Journal of refractive surgery*. 2008. Vol. 24, N 4. P. 396-407. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20080401-14>

82. Comparison of tear secretion and tear film instability after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis / J. B. Lee, C. H. Ryu, J. Kim et al. Journal of cataract and refractive surgery. 2000. Vol. 26, N 9. P. 1326-1331. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00566-6](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00566-6)
83. Impact of corneal refractive surgery on the precorneal tear film / B. Sharma, D. Soni, H. Saxena et al. Indian journal of ophthalmology. 2020. Vol. 68, N 12. P. 2804-2812. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2296_19
84. Management of post-LASIK dry eye: a multicenter randomized comparison of a new multi-ingredient artificial tear to carboxymethylcellulose / A. Wallerstein, W. B. Jackson, J. Chambers, et al. Clinical ophthalmology. 2018. Vol. 12. P. 839-848. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S163744>
85. Tong L., Zhao Y., Lee R. Corneal refractive surgery-related dry eye: risk factors and management. Expert Review of Ophthalmology, 2013. Vol. 8, N 6. P. 561-575. <https://doi.org/10.1586/17469899.2013.851602>
86. Alio J. L., Teus M. A., Alio del Barrio J. L., Katsanos A. Post-LASIK Corneal Dysesthesia. Management of Complications in Refractive Surgery / eds.: J. Alio, D. Azar. Cham: Springer, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60561-6_14
87. Refractive surgery and dry eye - An update/ S. Nair, M. Kaur, N. Sharma Titiyal et al. Indian journal of ophthalmology. 2023. Vol.71, N 4. P. 1105-1114. doi: 10.4103/IJO.IJO_3406_22.
88. Changes in tear flow and tear film stability after photorefractive keratectomy / A. Ozdamar, C. Aras, N. Karakas et al. Cornea. 1999. Vol. 18, N 4. P. 437-439. <https://doi.org/10.1097/00003226-199907000-00008>
89. Visual and tear function improvement after superficial phototherapeutic keratectomy (PTK) for mid-stromal corneal scarring / M. Dogru, C. Katakami, M. Miyashita et al. Eye. 2000. Vol. 14, Pt 5. P. 779-784. <https://doi.org/10.1038/eye.2000.204>
90. Comparison of corneal nerve regeneration and sensitivity between LASIK and laser epithelial keratomileusis (LASEK) / S. J. Lee, J. K., Kim K. Y. Seo et al.



American journal of ophthalmology. 2006. Vol. 141, N 6. P. 1009-1015.
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.01.048>

91. Clinical Characteristic and Tear Film Biomarkers After Myopic FS-LASIK: 1-Year Prospective Follow-up / L. Zhao, Y. Zhang, H. Duan et al. Journal of refractive surgery. 2024. Vol. 40, N 8. Art. e508-e519.
<https://doi.org/10.3928/1081597X-20240514-05>

92. Nettune G. R., Pflugfelder S. C. Post-LASIK tear dysfunction and dysesthesia. The ocular surface, 2010. Vol. 8, N 3. P. 135-145.
[https://doi.org/10.1016/s1542-0124\(12\)70224-0](https://doi.org/10.1016/s1542-0124(12)70224-0)

93. Chronic dry eye in photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis: Manifestations, incidence, and predictive factors / K. S. Bower, R. K. Sia, D. S. Ryan et al. Journal of cataract and refractive surgery. 2015. Vol. 41, N 12. P. 2624-2634. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.06.037>

94. Management of Post-LASIK Dry Eye with Intense Pulsed Light in Combination with 0.1% Sodium Hyaluronate and Heated Eye Mask / Y. Wu, L. Xu, Y. Song et al. Ophthalmology and therapy. 2022. Vol. 11, N 1. P. 161-176.
<https://doi.org/10.1007/s40123-021-00418-2>

95. Traumatic epithelial flap detachment after laser subepithelial keratomileusis / K. Tsuji, T. Yamamoto, Y. Hori-Komai et al. Journal of refractive surgery. 2006. Vol. 22, N 3. P. 305-307. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20060301-18>

96. Toda I. Dry Eye After LASIK. Investigative ophthalmology & visual science. 2018. Vol. 59, N 14. DES109-DES115. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-23538>

97. Current Advances in Regenerative Strategies for Dry Eye Diseases: A Comprehensive Review / B. Bhujel, S.-H. Oh, C.-M. Kim et al. Bioengineering. 2024. Vol. 11, N 1. Art. 39. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11010039>

98. Dry eye disease after refractive surgery: comparative outcomes of small incision lenticule extraction versus LASIK / A. Denoyer, E. Landman, L. Trinh et al. Ophthalmology. 2015. Vol. 122, N 4. P. 669-676.
<https://doi.org/10.1016/j.opthta.2014.10.004>

99. Changes of Subjective Symptoms and Tear Film Biomarkers following Femto-LASIK / T. Tsai, M. Alwees, A. Rost et al. International journal of molecular sciences. 2022. Vol. 23, N 14. Art. 7512. <https://doi.org/10.3390/ijms23147512>
100. Comparison of dry eye and corneal sensitivity between small incision lenticule extraction and femtosecond LASIK for myopia / M. Li, J. Zhao, Y. Shen et al. PloS one. 2013. Vol. 8, N 10. Art. e77797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077797>
101. Albietz J. M., Lenton L. M., McLennan S. G. Chronic dry eye and regression after laser in situ keratomileusis for myopia. Journal of cataract and refractive surgery. 2004. Vol. 30, N 3. P. 675-684. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2003.07.003>
102. Alteration of corneal biomechanical properties in patients with dry eye disease / V. Satitpitakul, P. Taweekitikul, V. Puangsricharern et al. PLoS One. 2021. Vol. 16, N 7. Art. 0254442. <https://doi: 10.1371/journal.pone.0254442>.
103. Long-term Effects of LASIK on Corneal Innervation and Tear Neuropeptides and the Associations With Dry Eye / C. Chao, B. Golebiowski, X. Zhao et al. Journal of refractive surgery. 2016. Vol. 32, N 8. P. 518-524. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20160603-01>
104. Xia L., Zhang J., Wu, J. Yu K. Comparison of Corneal Biological Healing After Femtosecond LASIK and Small Incision Lenticule Extraction Procedure. Current eye research. 2016. Vol. 41, N 9. P. 1202-1208. <https://doi.org/10.3109/02713683.2015.1107590>
105. Al Sabti K., Zechevikj S., Raizada S. Evaluation of lipid layer tear film changes after femtosecond small incision lenticule extraction. Therapeutic advances in ophthalmology, 2022. Vol. 14. Art. 25158414221129534. <https://doi.org/10.1177/25158414221129534>
106. TFOS DEWS II Management and Therapy Report / L. Jones, L. E. Downie, D. Korb et al. The ocular surface. 2017. Vol. 15, N 3. P. 575-628. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2017.05.006>



107. Zhou X., Shen Y., Shang J., Zhou X. Effects of warm compress on tear film, blink pattern and Meibomian gland function in dry eyes after corneal refractive surgery. BMC ophthalmology, 2021. Vol. 21, N 1. Art. 330. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02091-2>

108. Relationship between lipid layer thickness, incomplete blinking rate and tear film instability in patients with different myopia degrees after small-incision lenticule extraction / Y. Li, S. Li, J. Zhou et al. PloS one. 2020. Vol. 15, N 3. Art. e0230119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230119>

109. Post-LASIK dry eye disease: A comprehensive review of management and current treatment options / A. Tamimi, F. Sheikhzadeh, S. G. Ezabadi et al. Frontiers in medicine. 2023. Vol. 10. Art. 1057685. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1057685>

110. Corneal morphological changes after small incision lenticule extraction for myopic anisometropia / L. Zhu, Y. Ji, X. Yang et al. Frontiers in medicine. 2022. Vol. 9. Art. 977586. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.977586>

111. Rolando M., Baldi F., Calabria G. Tear mucus crystallization in children with cystic fibrosis. Ophthalmologica. 1988. Vol. 197, N 4. P. 202-206. <https://doi.org/10.1159/000309944>

112. Zavhorodnia N. H., Isakova O. A. Rannia diahnostryka syndromu “sukhoho oka” shchodo otsinky yakisnoho skladu slozy. Офтальмологический журнал. 2005. N 5. P. 18-20.

113. Unintended epithelium-only flap creation using a femtosecond laser during LASIK / G. D. Kymionis, D. M. Portaliou, M. S. Krasia et al. Journal of refractive surgery. 2011. Vol. 27, N 1. P. 74-76. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20100525-03>

114. Role of the corneal epithelium measurements in keratorefractive surgery / M. Q. Salomão, A. L. Hofling-Lima, B. T. Lopes et al. Current opinion in ophthalmology. 2017. Vol. 28, N 4. P. 326-336. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000379>

115. Reinstein D. Z., Archer T. J., Gobbe M. Small incision lenticule extraction (SMILE) history, fundamentals of a new refractive surgery technique and clinical outcomes. *Eye and vision*. 2014. Vol. 1. Art. 3. <https://doi.org/10.1186/s40662-014-0003-1>

116. Advances in Biomechanical Parameters for Screening of Refractive Surgery Candidates: A Review of the Literature, Part III / M. Moshirfar, M. N. Motlagh, M. S. Murri et al. *Medical hypothesis, discovery & innovation ophthalmology journal*. 2019. Vol. 8, N 3. P. 219-240.

117. Roberts C. Biomechanics of the cornea and wavefront-guided laser refractive surgery. *Journal of refractive surgery*. 2002. Vol. 18, N 5. S589–S592. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20020901-18>

118. Chen M., Yu M., Dai J. Comparison of biomechanical effects of small incision lenticule extraction and laser-assisted subepithelial keratomileusis. *Acta ophthalmologica*. 2016. Vol. 94, N 7), e586-e591. <https://doi.org/10.1111/aos.13035>

119. Ефективність методів LASIK та LASEK у досягненні прогнозованого результату при ексимерлазерній корекції міопії та міопічного астигматизму / Н. Г. Завгородня, Ю. Ю. Дорошенко, Т. С. Завгородня та ін. *Архів офтальмології України*. 2020. Т. 8, № 3. С. 37-41. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.8.3.2020.220450>

120. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. *Архів офтальмології України*. 2022. Т. 10, № 3. С. 65-71. <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309>

121. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю., Поплавська І. О. Вплив рефракційних технологій FEMTO-LASIK та RELEX SMILE на розвиток синдрому сухого ока та якісний склад сльози на очах з міопією та міопічним астигматизмом. *Патологія*. 2024. Т. 21, 3. С. 232-237. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2024.3.307500>

122. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024. Вип. 4. С. 362-371. <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371>

123. Light and myopia: from epidemiological studies to neurobiological mechanisms / A. R. Muralidharan, C. Lança, S. Biswas et al. Therapeutic advances in ophthalmology. 2021. Vol. 13. Art. 25158414211059246. <https://doi.org/10.1177/25158414211059246>

124. Treatment of contact lens related dry eye with intense pulsed light / L. Yang, E. E. Pazo, Q. Zhang et al. Contact lens & anterior eye. 2022. Vol. 45, N 2. Art. 101449. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2021.101449>

125. Lipson M. J., Brooks M. M., Koffler B. H. The Role of Orthokeratology in Myopia Control: A Review. Eye & contact lens. 2018. Vol. 44, N 4. P. 224-230. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000520>

126. Photorefractive Keratectomy: Technical Evolution, Refractive Outcomes, Corneal Wound Healing Response, and Complications / A. A. M. Torricelli, V. B. Giglio, R. Garcia et al. Journal of refractive surgery. 2024. Vol. 40, N 10. Art. e754-e767. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20240826-05>

127. Ray-tracing-Guided or Q-Value-Adjusted FS-LASIK for Correction of Myopia and Myopic Astigmatism: A Comparative Contralateral Eye Study / Y. Yuan, R. Zhang, Z. Wang et al. Journal of refractive surgery. 2024. Vol. 40, N 11. Art. e804-e813. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20240917-01>

128. Linke S. J., Steinberg J. Refractive and Therapeutic Corneal Surgery. Optical Coherence Tomography of the Anterior Segment / eds: L. M. Heindl, S. Siebelmann. Cham: Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07730-2_9

129. Taneri S., Knepper J., Rost A., Dick H. B. PRK, LASIK, SMILE im Langzeitverlauf [Long-term outcomes of PRK, LASIK and SMILE]. Der Ophthalmologe. 2022. Vol. 119, N 2. P. 163-169. <https://doi.org/10.1007/s00347-021-01449-7>

130. Postoperative corneal biomechanics and influencing factors during femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis (FS-LASIK) and laser-assisted subepithelial keratomileusis (LASEK) for high myopia / M. Liu, W., Shi X. Liu et al. *Lasers in medical science*. 2021. Vol. 36, N 8. P. 1709-1717. <https://doi.org/10.1007/s10103-021-03320-2>

131. Ambrósio R., Jr, Wilson S. LASIK vs LASEK vs PRK: advantages and indications. *Seminars in ophthalmology*. 2003. Vol. 18, N 1. P. 2-10. <https://doi.org/10.1076/soph.18.1.2.14074>

132. Intraocular Pressure Changes and Relationship With Corneal Biomechanics After SMILE and FS-LASIK / H. Li, Y. Wang, R. Dou et al. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2016. Vol. 57, N 10. P. 4180-4186. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19615>

133. Comparison of Corneal Biomechanical Characteristics After Surface Ablation Refractive Surgery and Novel Lamellar Refractive Surgery / R. Dou, Y. Wang, L. Xu et al. *Cornea*. 2015. Vol. 34, N 11. P. 1441-1446. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000556>

134. Biomechanical Effects of tPRK, FS-LASIK, and SMILE on the Cornea / Y. Xin, B. T. Lopes, J. Wang et al. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2022. Vol. 10. P. 834270. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.834270>

135. Guo H., Hosseini-Moghaddam S. M., Hodge, W. Corneal biomechanical properties after SMILE versus FLEX, LASIK, LASEK, or PRK: a systematic review and meta-analysis. *BMC ophthalmology*. 2019. Vol. 19, N 1. P. 167. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1165-3>

136. Patel S. V., Erie J. C., McLaren J. W., Bourne W. M. Confocal microscopy changes in epithelial and stromal thickness up to 7 years after LASIK and photorefractive keratectomy for myopia. *Journal of refractive surgery*. 2007. Vol. 23, N 4. P. 385-392. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20070401-11>

137. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю., Завгородня Т. С., Поплавська І. О., Кривобок Н. С. Прогнозованість результатів ексимерлазерної корекції міопії та міопічного астигматизму при використанні методів LASEK та LASIK.



Науково-практична конференція з міжнародною участю «Філатовські читання - 2021», м.Одеса, Україна. 20-21.05.2021. Збірник тез С.249-251.

138. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Результати застосування технологій FEMTO- LASIK та ReLEX SMILE для хірургічної корекції міопії та міопічного астигматизму. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна.01-02.11.2024. Збірник тез С.31-32.

139. Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Вплив рефракційних операції на біомеханічні властивості рогівки. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна. 01-02.11.2024. Збірник тез С.28-30.

140. Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Особливості кристалографії сльози при рефракційній хірургії методами ReLEx SMILE та Фемто –LASIK на очах з міопією та міопічним астигматизмом. «Філатовські читання -2024», м.Одеса, Україна. 16-18.05.2024. Збірник тез С.250-252.



1714651370980773

ДОДАТОК А 1

КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня»
Генеральний директор



Валерій СЕРДЮК
2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва впровадження: «Визначення коливань внутрішньоочного тиску та показників корнеального гістерезису в ранньому та пізньому післяопераційному періодах після рефракційної хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE, як спосіб встановлення змін біомеханічних властивостей рогівки»

2. Ким запропоновано, адреса, виконавці: м. Запоріжжя, бульвар Марії Примаченко, 26, 69035, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна

3. Джерело інформації - статті Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю.Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Том 10(3), 2022. С. 65-71.
DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309>

Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024; 4(175); 362-371. DOI: 10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371

4. Де впроваджено (назва лікувального закладу): відділення мікрохірургії ока КП «Дніпропетровська обласна клінічна офтальмологічна лікарня»

5. Термін впровадження вересень 2024- травень 2025

6. Загальна кількість спостережень: 60

7. Ефективність впровадження: впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики.

8. Зауваження, додатки : немає.

« 7 » 02 2025 р.

Відповідальний за впровадження зав.відділенням Володимир СЕМЕНКО



1714651370980773

ДОДАТОК А 2



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи Дніпровського
державного медичного університету

Д.м.н., проф. Олександр ГУДАР'ЯН

« 12 » 02 2025р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва впровадження: «Визначення коливань внутрішньоочного тиску та показників корнеального гістерезису в ранньому та пізньому післяопераційному періодах після рефракційної хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE, як спосіб встановлення змін біомеханічних властивостей рогівки »

2. Ким запропоновано, адреса, виконавці: м. Запоріжжя, бульвар Марії Примаченко, 26, 69035, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна

3. Джерело інформації - статті Завгородня Н. Г. , Дорошенко Ю.Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Том10(3),2022.С.65-71. DOI <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309>

Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024; 4(175);362-371. DOI:10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371

4. Де впроваджено (назва навчального закладу): в навчальний процес кафедри офтальмології Дніпровського державного медичного університету при викладанні лекційного матеріалу та проведенні практичних занять для студентів 4 курсу медичного факультету ла лікарів інтернів за темою «Рефракція та акомодация. Методи профілактики та лікування»

5. Термін впровадження вересень 2024- травень 2025

6. Ефективність впровадження: впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики. Дозволяє підвищити підготовку студентів 4 курсу медичного факультету та лікарів інтернів.

7. Зауваження, додатки : немає.

8. Затверджено на засіданні кафедри 12.02.2025р. (протокол №13).

« 12 » 02 2025 р.

Відповідальний за впровадження

в.о. зав. кафедри, к.м.н, доцент _____ Наталія КЛОПОЦЬКА



1714651370980773

ДОДАТОК А 3

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Медичний директор ТОВ «Візуз», м. Запоріжжя
Сергій ЗАВГОРОДНІЙ
« 26 » 02 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Назва впровадження:** «Визначення коливань внутрішньоочного тиску та показників корнеального гістерезису в ранньому та пізньому післяопераційному періодах після рефракційної хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE, як спосіб встановлення змін біомеханічних властивостей рогівки»
- 2. Ким запропоновано, адреса, виконавці:** м. Запоріжжя, пр. Маяковського, 26, 69000, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна
- 3. Джерело інформації - статті:**
Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю.Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Том 10(3), 2022. С. 65-71.
DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309>
Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024; 4(175):362-371. DOI:10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371
- 4. Де впроваджено (назва навчального закладу):** ТОВ «Візуз», м. Запоріжжя.
- 5. Термін впровадження:** грудень 2023- грудень 2024
- 6. Загальна кількість спостережень:** 60
- 7. Ефективність впровадження:** впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у хворих на міопію та міопічний астигматизм на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики.
- 8. Зауваження, додатки :** немає.

« 26 » 02 2025р.

Відповідальний за впровадження

зав. операційним блоком ЛДВ №1
Сергій БЕЗДЕНЕЖНИЙ



1714651370980773

ДОДАТОК А 4



ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор КНП «Міська лікарня №9» ЗМР
Кирило НЕРЯНОВ
2025р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

8. **1. Назва впровадження:** «Кристалографія сльози як спосіб оцінки синдрому сухого ока на очах з міопією та міопічним астигматизмом після рефракційних втручань FEMTO-LASIK TA RELEX SMILE».
- 2. Ким запропоновано, адреса, виконавці:** м. Запоріжжя, пр. Маяковського, 26, 69000, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна
- 3. Джерело інформації - стаття:** Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю., Поплавська І.О. Вплив рефракційних технологій FEMTO-LASIK TA RELEX SMILE на розвиток синдрому сухого ока та якісний склад сльози на очах з міопією та міопічним астигматизмом. Патологія. 2024;21(3);232-237. DOI <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2024.3.307500>
- 4. Де впроваджено (назва навчального закладу):** відділення хірургії голови та шиї КНП «Міська лікарня № 9» ЗМР
- 5. Термін впровадження:** грудень 2024- травень 2025
- 6. Загальна кількість спостережень:** 60
- 7. Ефективність впровадження:** впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики.
- 8. Зауваження, додатки :** немає.

«17» 02 2025 р.

Відповідальний за впровадження

в.о. завідувача відділення хірургії голови та шиї

Сахаров

Дмитро САХАРОВ

(посада, підпис, ПІБ)



1714651370980773

ДОДАТОК А 5



ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор МЦ «ЛАЗЕР Плюс»

Лариса БАЛАКІРЕВА

«02» _____ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Назва впровадження:** «Профілактика ускладнень та регресу рефракційного ефекту при ексимерлазерній корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом».
- 2. Ким запропоновано, адреса, виконавці:** м. Запоріжжя, бульвар Марії Примаченко, 26, 69035, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна
- 3. Джерело інформації - статті:** Завгородня Н. Г. , Дорошенко Ю.Ю. Ефективність методів LASIK та LASEK у досягненні прогнозованого результату при ексимерлазерній корекції міопії та міопічного астигматизму. 2020. Т.8 (3). С. 19-23. DOI: 10.22141/2309-8147.8.3.2020.220450.
Завгородня Н. Г. , Дорошенко Ю.Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Том10(3),2022.С.65-71. DOIhttps://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309
- 4. Де впроваджено (назва лікувального закладу):** МЦ «ЛАЗЕР Плюс», м. Львів
- 5. Термін впровадження** жовтень 2024- травень 2025
- 6. Загальна кількість спостережень:** 60
- 7. Ефективність впровадження:** впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у хворих на міопію та міопічний астигматизм на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики.
- 8. Зауваження, додатки :** немає.

«12» 02 _____ 2025 р.

Відповідальний за впровадження

лікар-офтальмолог вищої категорії

Максим БЕЗУГЛИЙ



1714651370980773

ДОДАТОК А 6

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор КНП «Міська лікарня №4» ЗМП
Ганна БОЧАРНИКОВА
_____ 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Назва впровадження:** «Кристалографія сльози як спосіб оцінки синдрому сухого ока на очах з міопією та міопічним астигматизмом після рефракційних втручань FEMTO-LASIK TA RELEX SMILE».
2. **Ким запропоновано, адреса, виконавці:** м. Запоріжжя, бульвар Марії Примаченко, 26, 69035, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна
Джерело інформації - статті: Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю., Поплавська І.О. Вплив рефракційних технологій FEMTO-LASIK TA RELEX SMILE на розвиток синдрому сухого ока та якісний склад сльози на очах з міопією та міопічним астигматизмом. Патологія. 2024;21(3);232-237. DOI<https://doi.org/10.14739/2310-1237.2024.3.307500>
3. **Де впроваджено (назва навчального закладу):** відділення мікрочірургії ока КНП «Міська лікарня № 4» ЗМП
4. **Термін впровадження** грудень 2024- травень 2025
5. **Загальна кількість спостережень:** 60
6. **Ефективність впровадження:** впровадження дозволяє підвищити якість обстеження пацієнтів на міопію та міопічний астигматизм на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень після рефракційних втручань FEMTO-LASIK TA RELEX SMILE і розробку методів їх профілактики.
7. **Зауваження, додатки :** немає.

« 7 » 07 2025 р.
Відповідальний за впровадження

зав.відділенням Андрій САРЖЕВСЬКИЙ



1714651370980773

ДОДАТОК А 7

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Заступник директора з науково-освітньої роботи
ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії
ім. В.П. Філатова НАМН України»
д.мед.н., проф.

Олександра ЗБОРОВСЬКА

» березня 8 2025р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва впровадження: Визначення коливань внутрішньоочного тиску та показників корнеального гістерезису в ранньому та пізньому післяопераційному періодах після рефракційної хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE, як спосіб встановлення змін біомеханічних властивостей рогівки
2. Установа, що пропонує впровадження, автори: м. Запоріжжя, бульвар Марії Примаченко, 26, 69035, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Завгородня Наталія Григорівна, Дорошенко Юлія Юріївна
3. Джерело інформації - статті Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю.Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Том10(3),2022.С.65-71. DOI<https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309>
Завгородня Н.Г., Дорошенко Ю.Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024; 4(175):362-371. DOI:10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371
4. Впроваджено в навчальний процес ДУ "Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України" при викладанні лекційного матеріалу та проведенні практичних занять для студентів 4 курсу медичного факультету ла лікарів інтернів.
5. Термін впровадження вересень 2024- березень 2025
6. Ефективність впровадження: впровадження дозволяє підвищити якість лазерної корекції зору у пацієнтів з міопією та міопічним астигматизмом на основі аналізу факторів, що впливають на розвиток ускладнень та регрес рефракційного ефекту, і розробку методів їх профілактики.
7. Зауваження, додатки : немає.

Відповідальний за впровадження:
Зав. відділу патології рогівки
ДУ «Інститут очних хвороб і
тканинної терапії ім. В.П. Філатова
НАМН України», д.мед.н., проф.

Галина ДРОЖЖИНА

ДОДАТОК Б

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. [119] Ефективність методів LASIK та LASEK у досягненні прогнозованого результату при ексимерлазерній корекції міопії та міопічного астигматизму / Н. Г. Завгородня, Ю. Ю. Дорошенко, Т. С. Завгородня та ін. Архів офтальмології України. 2020. Т. 8, № 3. С. 37-41. DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.8.3.2020.220450> (Дисертант проводила відбір пацієнтів, здійснювала статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи, Завгородня Т.С., Поплавська І.О., Костровська К.О.- хірурги, які виконували оперативні втручання, Кривобок Н.С.- відбір пацієнтів).
2. [120] Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Динаміка показників офтальмотонусу, рогівкового гістерезису та фактора резистентності рогівки на очах з міопією та міопічним астигматизмом при рефракційній хірургії методами FEMTO-LASIK та ReLEx SMILE в ранньому післяопераційному періоді. Архів офтальмології України. 2022. Т. 10, № 3. С. 65-71. DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.10.3.2022.309> (Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи).
3. [121] Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю., Поплавська І. О. Вплив рефракційних технологій FEMTO-LASIK та RELEX SMILE на розвиток синдрому сухого ока та якісний склад сльози на очах з міопією та міопічним астигматизмом. Патологія. 2024. Т. 21, 3. С. 232-237. DOI: <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2024.3.307500> (Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та



дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи, Поплавська І.О.- хірург, який виконувала оперативні втручання, оформлення статті).

4. [122] Завгородня Н. Г., Дорошенко Ю. Ю. Коливання внутрішньоочного тиску та зміни біомеханічних властивостей рогівки в пізньому післяопераційному періоді після рефракційної хірургії міопії та міопічного астигматизму. Вісник проблем біології та медицини. 2024. Вип. 4. С. 362-371. DOI:[10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2024-4-175-362-371) *(Дисертант провела відбір пацієнтів, інструментальне обстеження, дослідила показники до та після хірургічного лікування у динаміці, провела статистичний аналіз отриманих результатів, оформлення та написання статті, Завгородня Н.Г. – концепція та дизайн дослідження, остаточне затвердження роботи).*



1714651370980773

ДОДАТОК В

НАУКОВІ ПРАЦІ ЯКІ ЗАСВІДЧУЮТЬ АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Науково-практична конференція з міжнародною участю: «Філатовські читання -2021», м.Одеса, Україна. 20-21.05.2021. *(Публікація тез та усна доповідь на конференції)*
2. Науково-практична конференція з міжнародною участю: «Філатовські читання -2024», м.Одеса, Україна. 16-18.05.2024. *(Публікація тез)*
3. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна. 01-02.11.2024. *(Публікація тез)*
4. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Рефракційний пленер-2024», м.Київ, Україна. 01-02.11.2024. . *(Публікація тез)*

На електронний документ накладено: 1 (Один) підписи чи печатки:
На момент друку копії, підписи чи печатки перевірено:
Програмний комплекс: eSign v. 2.3.0;
Засіб кваліфікованого електронного підпису чи печатки: ІТ Користувач ЦСК-1
Експертний висновок: №04/05/02-1277 від 09.04.2021;
Цілісність даних: не порушена;



1714651370980773



Підпис № 1 (реквізити підписувача та дані сертифіката)
Підписувач: Дорошенко Юлія Юріївна 3346308326;
Належність до Юридичної особи: ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ВІЗУС";
Код юридичної особи в ЄДР: 24907271;
Серійний номер кваліфікованого сертифіката: 3FAA9288358EC003040000009FC02E001FB5E000;
Видавець кваліфікованого сертифіката: КНЕДП ДПС;
Тип носія особистого ключа: Незахищений;
Тип підпису: Удосконалений;
Сертифікат: Кваліфікований;
Час та дата підпису (позначка часу для підпису): 18:30 28.03.2025;
Чинний на момент підпису. Підтверджено позначкою часу для підпису від АЦСК (кваліфікованого надавача електронних довірчих послуг)
Час та дата підпису (позначка часу для даних): 18:30 28.03.2025;